





LIBRARY  
OF THE  
UNIVERSITY  
OF ILLINOIS

505

SN

v. 44-47

cop. 2

FEB 9 1956

~~ENTOMOLOGY~~

~~HISTORY~~

BIOLOGY

ACES LIBRARY











SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE  
DES  
SCIENCES NATURELLES

---

BULLETIN

TOME XLV: ANNÉE 1919-1920

---

PRIX: 8 Fr.



NEUCHATEL  
IMPRIMERIE CENTRALE  
1921



SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE

DES

SCIENCES NATURELLES

---

BULLETIN

TOME XLV: ANNÉE 1919-1920



NEUCHATEL

IMPRIMERIE CENTRALE

1921





# Un Polychète d'eau douce cavernicole

*Troglochætus beranecki* nov. gen. nov. spec.

(Note préliminaire)

PAR

THÉODORE DELACHAUX

Assistant au laboratoire de zoologie de l'Université de Neuchâtel



Lorsque nous avons entrepris l'étude de la faune de la grotte de Ver dans les gorges de l'Areuse nous ne nous attendions certes pas à y faire la découverte d'un représentant authentique de l'ordre des Polychètes. C'est cependant ce qui nous arriva le 6 décembre 1919. Il était tombé de fortes pluies les jours précédents et tous les bassins à l'intérieur de la grotte étaient pleins d'eau. En examinant le matériel rapporté ce jour-là, nous trouvâmes, en dehors de quelques exemplaires de *Bathynella chappuisi* et de *Cyclops zschokkei*, quatre individus d'un petit ver de forme tout à fait insolite, long d'un demi millimètre, pourvu de palpes mobiles et de parapodes fort bien développés. Aucun doute n'était possible sur son caractère de polychète. Dès lors nous nous sommes efforcé de retrouver de nouveaux exemplaires de ce curieux hôte de notre caverne; mais, après de multiples recherches, nous n'avons pu en récolter que deux, l'un le 8 avril, le dernier le 2 juin 1920.

Nous nous décidons cependant à publier cette trouvaille sous forme d'une notice préliminaire, malgré nos connaissances encore incomplètes sur plusieurs points, parce que l'importance de ce ver nous paraît être plus grande que ne le serait celle de quelqu'autre espèce nouvelle d'un genre déjà connu. Cette notice pourra attirer l'attention d'autres chercheurs sur un être insoupçonné jusqu'ici et qui a peut-être échappé à d'autres par son exigüité même et son extrême fragilité.

L'ordre des *Polychètes* passait jusqu'ici pour être entièrement marin, à l'exception de quelques espèces appartenant à des genres marins et adaptées à l'eau douce probablement depuis une date récente. Par contre, nous sommes ici en pré-

sence d'un polychète dont l'adaptation à l'eau douce doit remonter à une époque certainement très ancienne. De ce fait, il est un digne pendant à *Bathynella*, ce petit crustacé en compagnie duquel il vit et dont la forme primitive ne se retrouve que dans les fossiles du Carbonifère. Nous pouvons donc admettre que ces deux formes sont les survivants d'une faune préglaciaire souterraine, survivant précisément à cause de leur adaptation à ce genre de vie si spécial. Nous ne leur connaissons en effet aucune espèce parente vivant actuellement, même éloignée, ni à l'une ni à l'autre. En plus de l'intérêt que présente donc ce ver au point de vue de son isolement, des conditions spéciales auxquelles il est adapté et de son habitat en compagnie d'un crustacé dont l'ancienneté est prouvée par des fossiles, il y a celui de son organisation si simple, si primitive aussi, pour l'interprétation de laquelle il faudra tenir compte d'une adaptation fort ancienne à la vie souterraine et qui a dû être la cause d'une simplification secondaire: Nous espérons pouvoir revenir sur ce sujet lorsque de nouveaux matériaux nous auront permis une étude plus complète de l'animal en question et peut-être même de son développement.

Nous nous faisons un plaisir de dédier cette nouvelle espèce à M. le professeur Edmond Béraneck en faible témoignage de la reconnaissance que nous lui devons personnellement, ainsi que pour l'intérêt qu'il a porté à notre découverte.

Nous remercions aussi tout spécialement notre maître et ami M. le professeur O. Fuhrmann pour l'aide bienveillante qu'il n'a cessé de nous prêter.

### Description.

**Forme générale.** Le corps, dont le diamètre augmente légèrement d'avant en arrière, est à peu près cylindrique, faiblement aplati dorso-ventralement dans sa partie postérieure. La tête est largement arrondie, discoïde et aplatie, étranglée transversalement dans son milieu par un sillon dorsal délimitant nettement le prostomium. La largeur de la tête atteint presque le double du diamètre du corps. Le col est étroit, de forme conique et s'élargit en arrière jusqu'à la naissance du premier parapode. Les appendices tégumentaires se composent d'une paire de palpes mobiles en forme de massue, située sur



le prostomium, ainsi que de sept paires de parapodes latéraux dont chacun porte un faisceau ventral et un faisceau dorsal de longues soies simples, légèrement incurvées en arrière. Entre les deux faisceaux de soies, le parapode se prolonge en un appendice conique garni à son extrémité de quelques soies roides et très fines, servant probablement d'organe sensoriel. En arrière, le corps se termine d'une façon brusque par la septième paire de parapodes incomplets ou plus ou moins rudimentaires. L'anus est terminal et les cils vibratiles de l'extrémité de l'intestin sont visibles à l'extérieur.

Si nous considérons la tête plus en détail, nous constatons que la face ventrale est ciliée depuis le sommet jusqu'à la bouche, située à peu près au centre. (Pl. I, fig. 3). Le mouvement de ces cils relativement longs est dirigé vers l'ouverture buccale. Ces cils vibratiles s'étendent également sur la face ventrale des palpes. Des soies tactiles roides et plus longues sont implantées à des distances régulières sur le sommet du prostomium et la face antérieure des palpes. En outre, nous avons constaté des houppes de soies vibratiles plus longues, l'une sur le sommet, et une en avant de chaque palpe sur le prostomium. Le sillon transversal dorsal de la tête abrite de chaque côté une fossette vibratile à longs cils, analogue à ce qui existe dans le genre *Aelosoma*, p. ex. Une troisième paire de houppes vibratiles se trouve de chaque côté et en avant de la première paire de parapodes. Une série de coupes transversales nous ont révélé une gouttière ciliée externe située tout le long de la ligne médiane ventrale du corps, gouttière que nous n'avions pas observée sur l'animal vivant, probablement parce qu'elle se trouvait masquée par le mouvement très violent des cils du tube digestif.

La longueur totale du ver est de 0,50 à 0,52 millimètre. La coloration est d'un jaune très pâle.

**La Segmentation** du corps est fortement accusée extérieurement par des plis transversaux réguliers en avant et en arrière de chaque paire de parapodes. Par contre, nous n'avons pu découvrir aucune trace certaine de dissépiments dans la cavité du corps, que le tube digestif et les éléments sexuels remplissent complètement et sans présenter d'étranglements.

La **Musculature** longitudinale est celle d'un polychète bien caractérisé, avec ses quatre faisceaux, dont deux dorsaux et deux ventraux. Ces derniers envoient dans chaque parapode un fort ruban musculaire. (Fig. 1.)

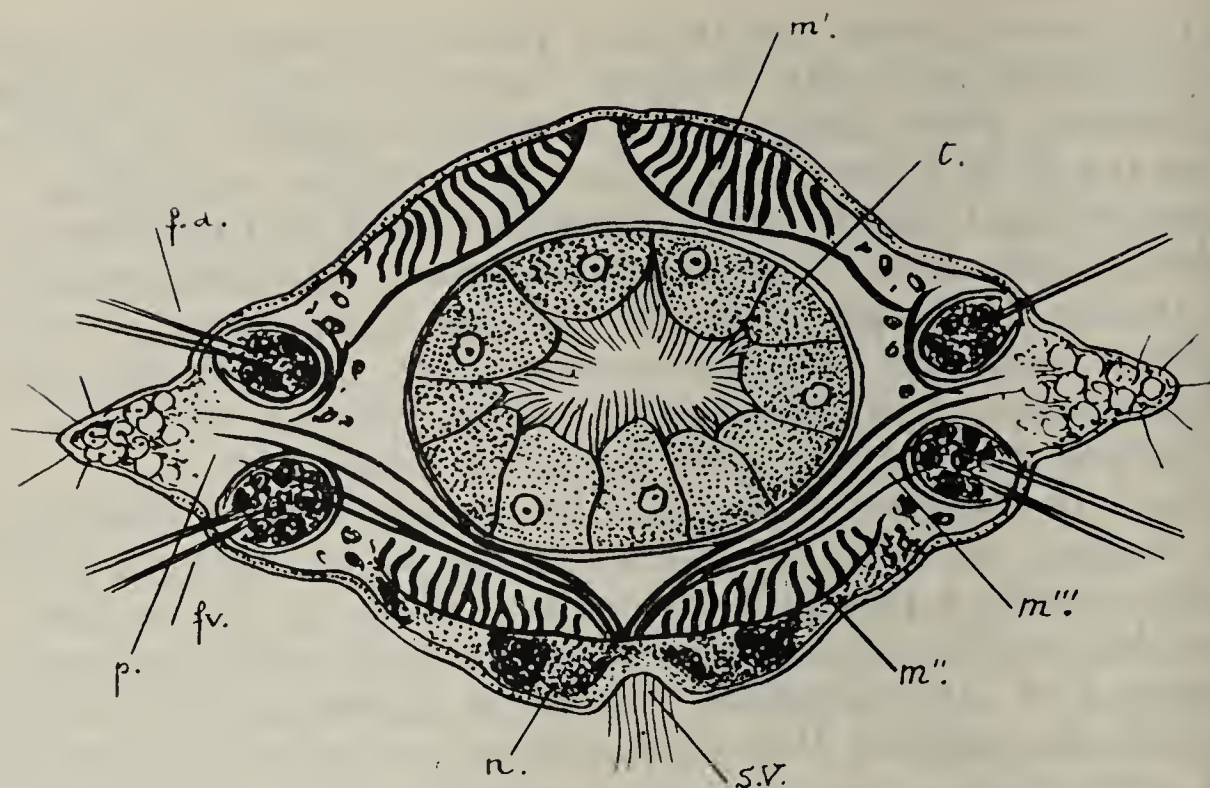


FIG. 1. — Coupe légèrement schématisée à travers la région de la deuxième paire de parapodes. — *t.* tube digestif. — *p.* parapode. — *f.d.* faisceau dorsal. — *f.v.* faisceau ventral. — *m'*. faisceau musculaire dorsal. — *m''*. faisceau musculaire ventral et *m'''*. faisceau qui en part dans le parapode. — *n.* chaîne nerveuse. — *s.v.* sillon vibratile ventral.

Les **Parapodes** que nous avons décrits en parlant de la forme générale contiennent chacun deux poches d'où partent les soies au nombre de 1 à 4 par faisceau. Ce nombre varie en effet d'un parapode à l'autre d'une façon irrégulière.

La **Respiration** doit s'effectuer par la surface entière du corps et par le tube digestif, aucun organe spécial n'existant pour cette fonction.

Le **Système nerveux** semble être intimement lié à l'épiderme et se compose d'un ganglion cérébral très volumineux remplissant la cavité du prostomium. Il innerve les palpes et envoie deux branches latérales en arrière pour former la commissure sous-œsophagienne. De là la chaîne nerveuse s'étend tout le long de la face ventrale, formant une sorte de plaque continue à peine distincte de l'épiderme.

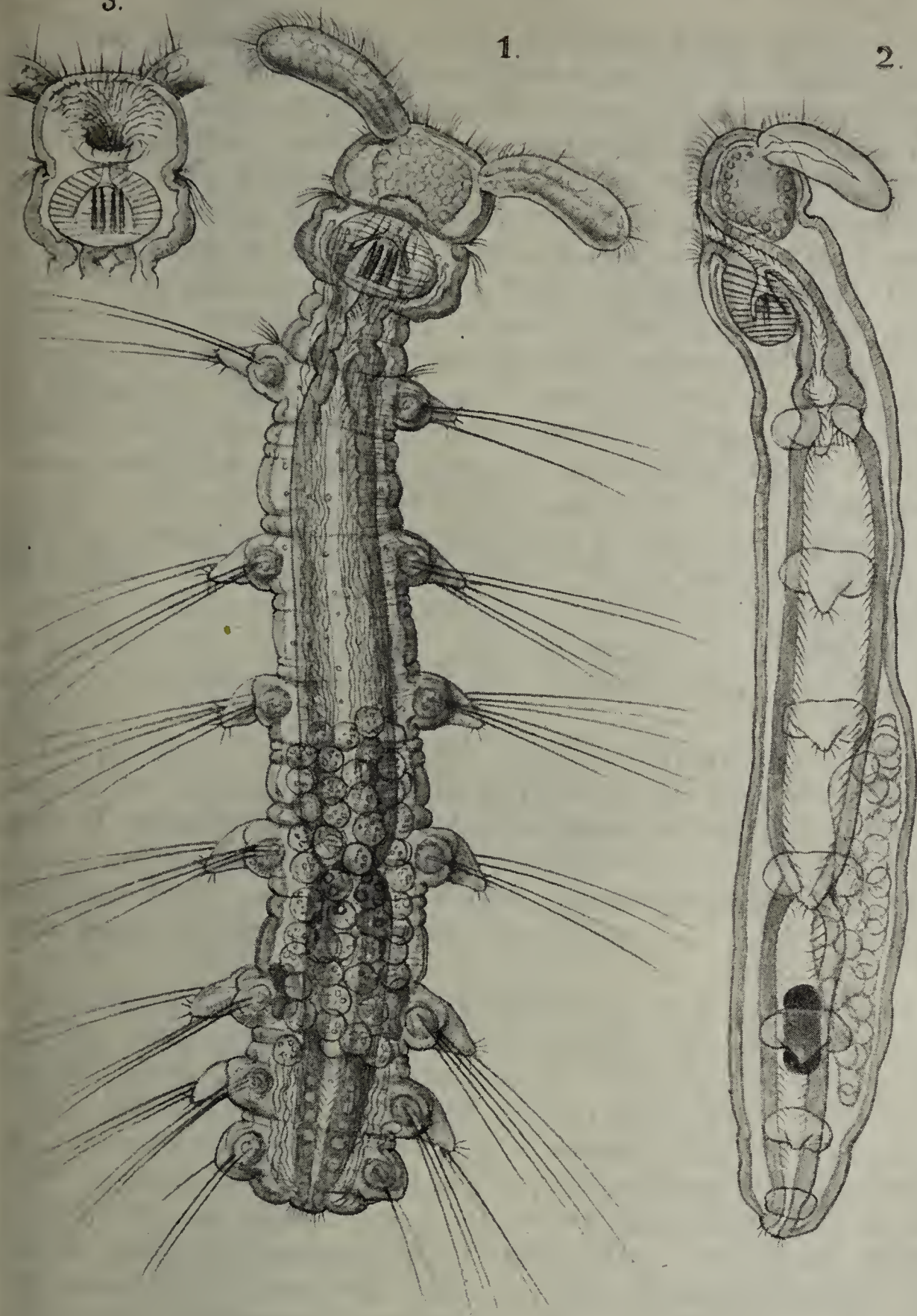
**Organes excréteurs.** Malgré des recherches minutieuses, tant sur les exemplaires vivants que sur une série de coupes, il nous a été impossible de découvrir une trace quelconque de néphridie. Nous ne voulons cependant pas en conclure l'absence totale et remettons la solution définitive de cette question à plus tard.



3.

1.

2.



Pl. I. *Troglochætus beranecki* nov. gen. nov. spec.

1. Face dorsale.

2. Coupe optique, de côté.

3. Tête, face ventrale montrant l'ouverture buccale.





**Tube digestif.** Nous avons vu que l'orifice buccal est situé au centre de la face ventrale de la tête. De là le tube digestif parcourt en ligne droite toute la longueur du corps jusqu'à l'orifice anal, qui est terminal. Depuis la bouche jusqu'à l'anús toute la surface interne du tube digestif est fortement ciliée, et la nourriture ingérée se trouve dans un mouvement de rotation continuél autour de l'axe longitudinal. Nous pouvons distinguer trois régions distinctes : l'œsophage, avec un diverticule ventral sous forme d'une poche pharyngeale musculeuse armée de deux paires de dents ; avant de déboucher dans l'estomac il présente deux renflements, probablement de nature glandulaire. L'estomac est vaste et s'étend depuis la première paire de parapodes jusqu'à la quatrième. Sa forme est celle d'un fuseau régulier remplissant toute la cavité du corps. Enfin vient un intestin formé d'une paroi plus épaisse et vacuolaire. Sur l'animal vivant on remarque, dans sa partie antérieure, un groupe de gouttelettes ou noyaux très réfringents, probablement de nature graisseuse, et disparaissant dans les préparations montées au baume.

Le pharynx musculeux, qui est un diverticule ventral de l'œsophage, remplit la moitié inférieure de la cavité céphalique. Il contient quatre dents chitineuses parallèles situées sur un même plan horizontal et dirigées en avant. Elles sont groupées deux par deux avec un espace médian plus grand. Cette poche pharyngeale n'est pas ciliée.

**Organes sexuels.** Des six individus que nous avons eu sous les yeux, quatre possédaient des glandes sexuelles développées. Chez les trois premiers, récoltés en décembre 1919 et en avril 1920, ces glandes se présentaient sous la forme de deux organes distincts : deux petites masses finement granulées et se colorant fortement dans les préparations (hæmalun) et situées, une de chaque côté, entre le tube digestif et la cinquième paire de parapodes ; d'autre part, une grande plaque chevauchant en forme de selle le tube digestif (dorsalement) et s'étendant depuis la troisième paire de parapodes jusqu'à la sixième. Cette plaque présentait l'aspect d'une masse compacte formée de petites boules ou gouttelettes se colorant faiblement. Le sixième exemplaire, récolté le 2 juin 1920, présentait à la place de cette masse volumineuse (figurée au N° 2 de la planche) des œufs nettement différenciés, qui sont représentés dans la figure 1 de la planche. Ces œufs sont transparents et enveloppés d'une coque qui semble assez

résistante; chacun contient une vingtaine de ces globules, probablement vitellines. Il y avait environ cinquante à soixante de ces œufs dans la cavité du corps. Quant à la paire de petites glandes sous la cinquième paire de parapodes, elle n'était pas visible sur ce sixième individu vivant. Il y a donc lieu de penser que notre ver est hermaphrodite et que les deux éléments sexuels sont représentés par les deux organes que nous venons de décrire. En outre, il est probable que les œufs mettent un temps assez long pour se développer et sont soumis à l'influence de la saison chaude.

Quant à des conduits sexuels, il nous a été impossible d'en découvrir, pas plus que des néphridies; mais nous n'oserions pas encore en conclure l'absence dans l'état actuel de nos connaissances.

**Nourriture.** Notre polychète semble se nourrir de déchets organiques mais aussi de proies vivantes, preuve en est le fait que dans un individu il ne se trouvait pas moins de six coques de *Trinema lineare*, ce plus petit de nos Rhyzopodes dont se nourrit aussi *Bathynella*. Au reste, la présence des dents chitineuses du pharynx semble indiquer des habitudes carnassières.

**Mouvements.** Quoique les mouvements de ce ver soient habituellement lents, ils peuvent à l'occasion être brusques à la façon de ceux d'une larve de chironome ou de moustique. Lorsqu'il n'est pas inquiété, il rampe avec ses parapodes étendus, tandis que les palpes tâtent l'espace et le terrain en avant de la tête. Il peut aussi nager librement en pleine eau; alors il rabat les soies et les parapodes contre le corps, étend ses palpes immobiles horizontalement, comme les antennes d'un copépode pélagique et se meut au moyen de ses cils vibratiles, comme le ferait un rotifère. Jamais nous n'avons remarqué de mouvements péristaltiques, d'allongements ou de contractions brusques du corps, si caractéristiques pour les Oligochètes; au contraire, notre ver semble posséder une forme assez rigide, qui ne varie que dans une faible mesure.

**Classification.** Quelle place assigner à ce petit ver dans la classification des Polychètes? Cette question, si nous devons nous la poser dès aujourd'hui, ne pourra cependant recevoir une solution immédiate. Ce qui est certain, c'est qu'il est difficile de le faire rentrer dans une des familles actuellement décrites. Parmi celles-ci, il a des affinités avec les *Nereidiformes* et, plus spécialement, avec les *Eunicidés*. Mais, si d'un côté



il se rapproche de ces formes par certains caractères généraux, il en diffère tellement par son organisation simplifiée et larvaire, qu'il nous paraît nécessaire de lui réserver une place bien à part. Lorsque nous serons plus complètement orientés sur l'organisation et peut-être aussi sur le développement de ce curieux ver, nous pourrons tenter d'élucider cette question.

En résumé, *Troglochætus beranecki* possède les caractères principaux d'un polychète type, mais réduit à sa plus simple expression; un vrai polychète en miniature dont le développement semble être arrêté à un stade larvaire. C'est en effet avec des larves de polychètes marins qu'il a la plus grande ressemblance et cela nous amène à parler d'une question plus complexe que les précédentes : celle de la philogénie de ce ver. Est-il, tel que nous le voyons aujourd'hui, le représentant d'un type primitif dès longtemps disparu, ou bien est-il le descendant dégénéré d'un type plus complet et plus hautement organisé? Il nous semble, sans vouloir entrer dès aujourd'hui dans des considérations de détail, qu'il y a une part de vérité dans les deux alternatives et que l'une n'exclut pas entièrement l'autre. L'existence souterraine à laquelle notre ver s'est adapté depuis une époque certainement fort reculée a eu sur son organisation une forte répercussion qui s'est manifestée par une réduction de taille que prouve la dimension du ganglion cérébral et la réduction du nombre des segments. D'un autre côté, il y a tant de caractères primitifs dans la persistance de l'épithélium cilié du prostomium, des houppes ciliées sur la première paire de parapodes et de la gouttière ventrale, qu'ils permettent du moins d'envisager la possibilité d'une discussion à leur sujet.

Au point de vue de la faune cavernicole, la découverte de *Troglochætus beranecki* vient confirmer une opinion que nous nous étions faite précédemment à propos de *Bathynella*. Ce petit crustacé pouvait à bon droit être une preuve suffisante de l'existence d'une faune souterraine préglaciaire dans nos contrées, car il n'était guère possible de se figurer que cette bête si fragile ait pu immigrer à une date plus récente. La présence, à côté de *Bathynella*, de ce petit polychète, vient corroborer la présomption de l'existence de cette faune préglaciaire. C'est, nous semble-t-il, le résultat le plus important que nous ayons tiré de la connaissance de notre si fragile petit ver.

Neuchâtel, Juillet 1920.

# Une application du principe de relativité

PAR

L.-GUSTAVE DU PASQUIER, professeur à l'Université

---

Comme les circonstances ne permettent pas de publier in extenso les deux conférences que j'ai faites à la Société neuchâteloise des sciences naturelles sur

## *Le principe de relativité et ses rapports avec la géométrie non-euclidienne,*

j'en donne ici un extrait : la partie qui se rapporte à la vraie forme des orbites planétaires telle qu'elle résulte de la nouvelle mécanique céleste que le principe de relativité substitue à la mécanique classique.

Dans l'évolution historique de la théorie de la relativité, on distingue nettement deux phases :

1. *La théorie de la relativité spéciale, ou restreinte.* Elle postule, ou admet que, dans le vide, la lumière se propage toujours en ligne droite et avec une vitesse constante, la même dans toutes les directions.

J'ajoute d'emblée qu'au point de vue physique ce principe spécial de relativité ne touche pas à la théorie de la gravitation ; par contre, il renverse la cinématique et la mécanique classiques établies par GALILÉE et NEWTON. Au point de vue mathématique, il permet de maintenir la géométrie euclidienne dans toute sa rigueur et sa belle simplicité.

2. *La théorie de la relativité générale.* Elle n'admet plus la constance de la vitesse de propagation de la lumière dans toutes les directions et en ligne droite. Au contraire, d'après cette théorie générale, la lumière, bien entendu *dans le vide*, peut se propager en ligne courbe et même le fait quand elle passe dans le voisinage de corps matériels qui ont une masse suffisante. J'ajoute dès maintenant qu'au point de vue physique, le principe général de relativité modifie très profondément la doctrine classique de la gravitation. Il oblige d'abandonner non



seulement la mécanique galiléo-newtonienne comme non rigoureuse, mais même la géométrie euclidienne. Si l'on admet le principe général de relativité, il en découle comme conséquence logique et nécessaire l'impossibilité de la géométrie ordinaire, du moins dans un espace soumis à des forces de gravitation. C'est la géométrie non-euclidienne qui est imposée. Mécanique et géométrie classiques ne sont plus que des approximations, d'ailleurs très bonnes, de la réalité.

.....

Dans l'étude des phénomènes, toute description qui ne donne aucune indication relative au temps est par là même partielle. Ce n'est qu'en introduisant *le temps* qu'on arrive à la notion de vitesse si essentielle dans les sciences exactes. Vous allez voir que le problème de la mesure du temps est un peu moins simple que celui de la mesure de l'espace.

Un observateur  $N$  muni d'un chronomètre et qui se trouve en un endroit donné, disons à Neuchâtel, peut déterminer à quels instants précis ont lieu les événements dans son voisinage immédiat, mais il n'en est pas de même des événements qui se passent dans des régions *très lointaines*, p. ex. sur l'étoile Véga éloignée de nous d'environ 204·000 000·000 000  $km$ , distance que la lumière emploie plus de 21 ans 8 mois à parcourir. Si l'observateur  $N$  note l'instant auquel lui parvient le rayon lumineux qui lui apporte la nouvelle d'un événement  $E$  ayant eu lieu en un point  $B$  très éloigné, cet instant est postérieur à l'instant  $t$  où l'événement  $E$  s'est passé réellement, puisque le rayon lumineux a mis un certain temps pour arriver de  $B$  à l'œil de l'observateur  $N$ . Comment déterminer l'instant  $t$ ? Notre savant  $N$  pourrait le calculer grâce à ses observations chronométriques, s'il connaissait la vitesse de propagation de la lumière dans la direction  $BN$ . Or, mesurer cette vitesse n'est possible que si l'on sait déterminer : 1) la distance  $BN$ , 2) l'instant du départ de  $B$  et 3) l'instant d'arrivée en  $N$  du rayon lumineux. Cela suppose donc que l'observateur  $N$  a déjà résolu le problème de la détermination de l'heure au point  $B$ . Vous voyez qu'on tombe dans un cercle vicieux. Pour en sortir, il faut faire des hypothèses. La suivante est très plausible : *dans le vide, un rayon lumineux met le même temps pour aller de  $B$  en  $N$  que pour se propager de  $N$  en  $B$* . Cette hypothèse (car malgré sa simplicité, c'est une hypothèse) permet effectivement de régler, même sans connaître la vitesse de propagation de la lumière, des chronomètres très éloignés l'un de l'autre. Voici comment :

Deux observateurs munis chacun d'un chronomètre, l'un se trouvant à l'origine des coordonnées  $O$ , l'autre en  $B$ , ont convenu de s'envoyer mutuellement un bref signal lumineux à l'instant précis où leurs chronomètres marquent 3 heures, de noter l'heure de réception du signal envoyé par l'autre, puis de se communiquer leurs observations. La distance  $OB$  qui les sépare est supposée rester constante.

*Premier exemple.* Supposons la distance  $OB$  de 1 milliard 620 millions de  $km$  (Terre-Saturne). 1) le signal envoyé par  $B$  (à l'instant où le chronomètre  $B$  marque 3 h. précises, comme convenu) parvient à l'observateur  $O$  quand le chronomètre de celui-ci marque par exemple 5 h. 10'; — 2) le signal envoyé par  $O$  (à l'instant où le chronomètre  $O$  marque 3 h. précises) parvient à l'observateur  $B$  au moment où le chronomètre de celui-ci marque 3 h. 50'. Je représente ces suppositions par le schéma que voici :

| $O$                       | $B$      |
|---------------------------|----------|
| 3 h. $\longrightarrow$    | 3 h. 50' |
| 5 h. 10' $\longleftarrow$ | 3 h.     |

Cet exemple donne lieu au calcul suivant :

$5\text{ h. }10' - 3\text{ h. }50' = 1\text{ h. }20' = 80'$ , dont la moitié est 40 minutes.

L'observateur  $O$  télégraphie à  $B$  de faire avancer de 40 minutes les aiguilles de son chronomètre, puis de recommencer l'expérience. On se convainc que, ce changement étant fait, l'expérience donnera lieu au schéma

| $O$                       | $B$      |
|---------------------------|----------|
| 3 h. $\longrightarrow$    | 4 h. 30' |
| 4 h. 30' $\longleftarrow$ | 3 h.     |

En effet, à l'arrivée du rayon lumineux en  $B$ , le chronomètre y marquera  $3\text{ h. }50' + 40' = 4\text{ h. }30'$ , puisque les aiguilles y ont été avancées de 40'; pour cette même raison, le signal lumineux qui part de  $B$  à 3 h., part en réalité 40' plus tôt que la première fois, donc arrive aussi 40' plus tôt en  $O$ , soit à  $5\text{ h. }10' - 40' = 4\text{ h. }30'$ .

Les chronomètres sont maintenant *réglés l'un sur l'autre*, en vertu de l'hypothèse faite tout à l'heure sur la propagation de la lumière entre  $O$  et  $B$ . On voit que le procédé ne suppose pas connue la distance  $OB$ .



*Deuxième exemple.* Soit  $OB = 180$  millions de *km.* (Terre-Vénus). Supposons que l'expérience fournisse le schéma

| $O$                       | $B$      |
|---------------------------|----------|
| 3 h. $\longrightarrow$    | 4 h. 10' |
| 2 h. 10' $\longleftarrow$ | 3 h.     |

(voir le premier exemple). Calcul :  $2 \text{ h. } 10' - 4 \text{ h. } 10' = -2 \text{ h.}$  dont la moitié est  $-1 \text{ h.}$   $O$  télégraphiera donc à  $B$  de *retarder* son chronomètre de 60 minutes. L'expérience étant alors recommencée, donnera le schéma

| $O$                       | $B$      |
|---------------------------|----------|
| 3 h. $\longrightarrow$    | 3 h. 10' |
| 3 h. 10' $\longleftarrow$ | 3 h.     |

qui prouve que maintenant les chronomètres sont réglés l'un sur l'autre.

Cette hypothèse et le procédé qui en découle et que je viens d'illustrer par des exemples permettent de « *chronométrer l'espace* » par la voie optique, c'est-à-dire de régler un sur l'autre des chronomètres placés à des distances quelconques, et cela *sans connaître ni la vitesse de propagation de la lumière ni la distance des chronomètres*. Pour des distances moins grandes, on supposera les horloges munies d'aiguilles indiquant les secondes, les dixièmes et les centièmes de secondes ; pour des distances très grandes, d'aiguilles marquant les jours, les mois, les années.

Ce procédé résout le problème de la détermination de l'heure par la physique expérimentale. Pour connaître l'instant précis  $t$  d'un événement quelconque  $E$ , il faut : 1) supposer une horloge à l'endroit  $B$  où se passe l'événement  $E$ , ou dans le voisinage immédiat de  $B$  ; 2) supposer qu'elle ait été réglée par la voie optique sur le chronomètre-étalon qui se trouve à l'origine  $O$  du système de coordonnées. L'indication de l'horloge  $B$  sera l'instant cherché  $t$ .

Vous pourriez me demander : « Qu'y a-t-il là de particulier ? Tout cela est si naturel et évident ! » Pourtant, en y regardant de près, on voit que la définition de l'heure à laquelle nous sommes arrivés, n'a pas un caractère absolu ; cette définition du temps se rapporte au contraire à un système d'horloges réparties dans l'espace, bien réglées sur un même chronomètre-étalon et, chose capitale, supposées *toutes immobiles les unes*



par rapport aux autres, liées invariablement au chronomètre-étalon  $O$  avec lequel elles forment un système rigide. On voit sans peine que *deux horloges réglées sur le même chronomètre sont aussi réglées l'une sur l'autre*. C'est pourquoi l'on appelle le temps ainsi défini *le temps propre*, ou *temps local* du système en question. De même, l'heure indiquée par une horloge en un point  $B$  lié invariablement à ce système est dite *l'heure locale*. Elle est aussi relative, parce qu'elle présuppose que le système de coordonnées auquel on a rapporté  $B$ , a été chronométré par la voie optique sur une horloge-étalon placée à l'origine des coordonnées.

Imaginez un grand laboratoire magnifiquement outillé où de nombreux savants étudient les lois de la nature. Ce laboratoire numéro I sera porteur d'un système de coordonnées cartésiennes lié invariablement à lui. Comme les axes du trièdre de référence devront s'étendre jusque dans les espaces interplanétaires, nous pouvons d'emblée lui attribuer des dimensions colossales. Dans ce vaste laboratoire  $S_1$  sont répartis des observateurs munis chacun des appareils les plus perfectionnés, entre autres d'un chronomètre réglé sur l'horloge-étalon qui est en  $O_1$ , origine des coordonnées. Cet ensemble d'horloges et de chronomètres définit le temps dans  $S_1$  et sert à le mesurer, en donnant l'heure locale en chaque point. C'est ce double ensemble : système de coordonnées cartésiennes et système de chronomètres bien réglés que nous entendrons en parlant du *Système  $S_1$*  ou *Laboratoire  $S_1$* . Les savants qui travaillent dans  $S_1$  peuvent décrire *complètement* les phénomènes cinématiques, mécaniques, physiques, chimiques, etc., puisqu'ils ont les moyens d'indiquer pour tout événement  $E$  : 1) l'endroit précis  $B$  où il se passe, en mesurant les trois coordonnées  $x_1, y_1, z_1$  du point  $B$  ; 2) l'instant précis où il a lieu, en notant l'indication  $t_1$  de l'horloge placée dans le voisinage immédiat de  $B$ . Tout événement  $E$ , par exemple toute coïncidence de points, est ainsi caractérisé par quatre nombres  $x_1, y_1, z_1, t_1$ , relatifs au système  $S_1$ , nombres déterminables expérimentalement et dont chacun a un sens physique bien défini. J'appelle ces quatre nombres « *les coordonnées topochroniques* de l'événement  $E$  dans le système  $S_1$  », en particulier :  $x_1, y_1, z_1$  les coordonnées spatiales et  $t_1$  la coordonnée temporelle de  $E$ .

. . . . .

Il y a une vingtaine d'années à peu près que, voyageant en Allemagne, je me trouvais dans un petit chemin de fer. Le

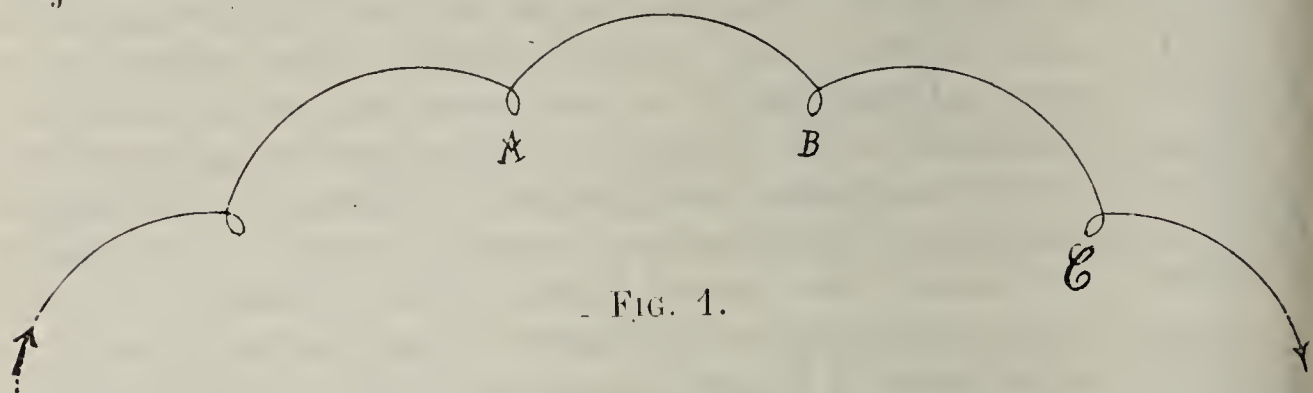
train avait à sa gauche une grande forêt vert sombre dont il longeait la lisière, tandis qu'à sa droite s'étendaient des prairies entrecoupées de champs. La voie ferrée s'allongeait en ligne droite à perte de vue, si bien que les rails semblaient concourir en un point, comme les parallèles à l'infini dans la géométrie euclidienne. Le train roulait à une allure très modérée, parce qu'on réparait la voie non loin de cet endroit ; à quelques kilomètres de distance, on pouvait discerner des équipes d'ouvriers occupés aux travaux de réfection. En regardant par la fenêtre, j'aperçus par hasard, peinte sur la paroi extérieure du wagon, une mince ligne droite verticale.

J'eus l'idée de faire une expérience de physique et de vérifier si les corps tombent toujours en ligne droite. J'avais encore en poche un caillou dont la forme cylindrique et les couleurs particulières avaient attiré mon attention et qu'à cause de son poids spécifique, qui m'avait paru considérable, j'avais ramassé en cours de route. Je sortis donc mon caillou, puis, le tenant entre le pouce et l'index, aussi près que possible de la paroi du wagon, je l'abandonnai à l'action de la pesanteur et observai attentivement sa chute, oubliant tous les règlements de la police des chemins de fer. Je constatai qu'il suivit exactement la mince ligne droite verticale peinte sur la paroi du wagon. Il n'y avait pas le fort courant d'air que le voyageur ressent habituellement quand il regarde par une fenêtre de wagon : le train, j'en ai dit la raison, marchait à une allure très modérée et par hasard dans la direction même du vent. Mon petit caillou étant relativement très pesant, tout concourait à la réussite de l'expérience. Pour bien observer, je tins fermé mon œil gauche, de façon à avoir la vision monoculaire de la trajectoire. Je constatai donc, de mon œil droit, que la trajectoire était bien une ligne droite, jusqu'au moment où mon caillou disparut dans une touffe d'herbe près du talus.

Ce méfait eut un témoin : un homme était apparu à côté d'un bosquet d'arbres, non loin de la voie ferrée et observait le phénomène, les yeux grands ouverts. Ce témoin me reconnut. C'était un jeune fonctionnaire allemand, mais c'était aussi un ancien camarade d'école, heureusement pour moi. Quelques temps après, il m'avait retrouvé et me parlait des conséquences qu'entraîne l'inobservation des règlements de la police des chemins de fer en Allemagne. Je lui racontai l'expérience de physique que j'avais faite, ajoutant que je n'avais enfreint aucun règlement, puisque je n'avais rien « lancé » par la fenêtre du wagon, que j'avais abandonné le caillou à l'action de la pesanteur sans lui communiquer de vitesse initiale. Pendant



qu'il réfléchissait encore sur le *distinguo* inattendu que je venais de faire et pour détourner la conversation du brûlant terrain juridique, je lui posai la question : « Quelle est la vraie trajectoire de mon caillou ? » Je me rappelai très à propos que



mon ancien camarade d'école s'était toujours beaucoup intéressé à la philosophie et aux mathématiques. « Pour moi », ajoutai-je, « qui ai observé le phénomène attentivement de mon œil droit, avec toute l'exactitude possible, j'ai constaté que la trajectoire en question était *une ligne droite*. » — « Erreur », répondit-il, « tu oublies décidément que tu étais en chemin de fer : Moi qui ai observé le phénomène de mes deux yeux, même grands ouverts, j'ai vu que ton caillou n'a pas suivi la ligne droite marquée par le poteau télégraphique devant lequel tu passais justement ; j'ai constaté que la trajectoire était un arc de parabole ; je la vois encore quand je le veux, se projetant sur le fond vert.sombre de la forêt. D'ailleurs, ton caillou cylindrique a fini sa trajectoire depuis qu'il s'est échoué près des rails. » — « Erreur », répliquai-je à mon tour, « tu oublies que la Terre tourne. La vraie trajectoire, si elle n'était pas un segment de droite comme je l'ai constaté *de visu*, n'était en tout cas pas un arc de parabole. D'ailleurs, mon caillou ne s'est pas brisé en tombant près des rails ; il est donc loin d'avoir fini sa trajectoire. Même s'il était tombé au pôle nord, il décrirait encore une ellipse dont le Soleil occuperait l'un des foyers ; mais comme nous ne sommes pas au pôle nord, sa vraie trajectoire est plus compliquée. Elle résulte des deux mouvements que notre globe exécute simultanément dans l'espace : 1) rotation diurne sur son axe ; 2) révolution annuelle autour du Soleil. » — Et nous voilà lancés dans une longue discussion sur la forme de la vraie trajectoire de mon caillou cylindrique.

Si la Terre exécutait une révolution annuelle en 365 jours exactement, la trajectoire en question serait une courbe fermée, composée de 365 boucles.

La *fig. 1* en représente une partie ; mais en réalité —



comme on le voit immédiatement pour des points situés près du pôle nord ou dans le voisinage du pôle sud — la trajectoire ne présente pas de boucles ; ce serait une épicycloïde elliptique raccourcie, courbe qui serpente entre deux ellipses concen-

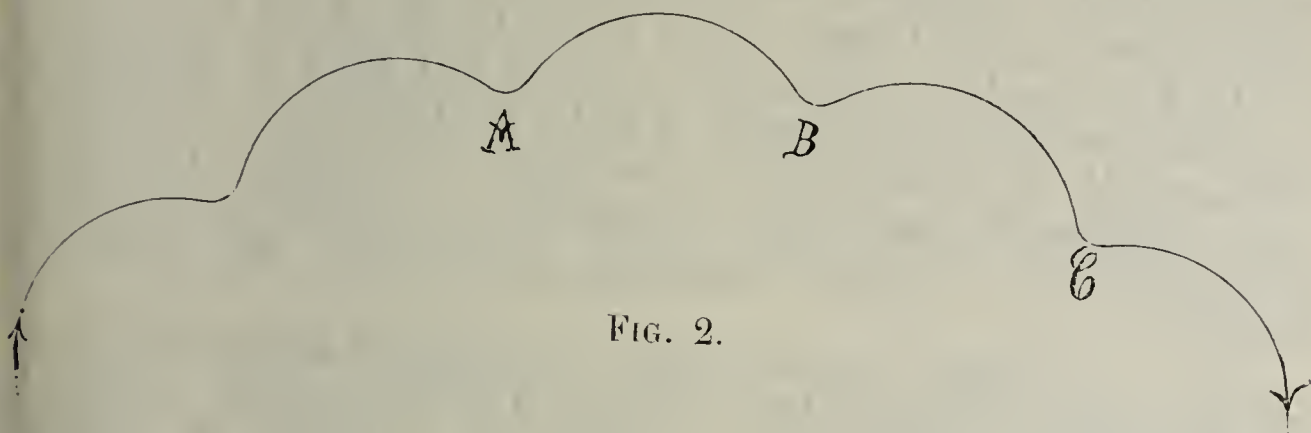


FIG. 2.

triques, sans points doubles et dont la *fig. 2* représente une partie. Cependant, dans la *fig. 3* et pour les déductions du texte s'y rapportant, j'ai laissé subsister les boucles et les points doubles, vu que cela facilite l'exposé et qu'il ne s'agit pas d'une description de la trajectoire rigoureusement exacte, mais uniquement d'un schéma destiné à en donner une idée générale.

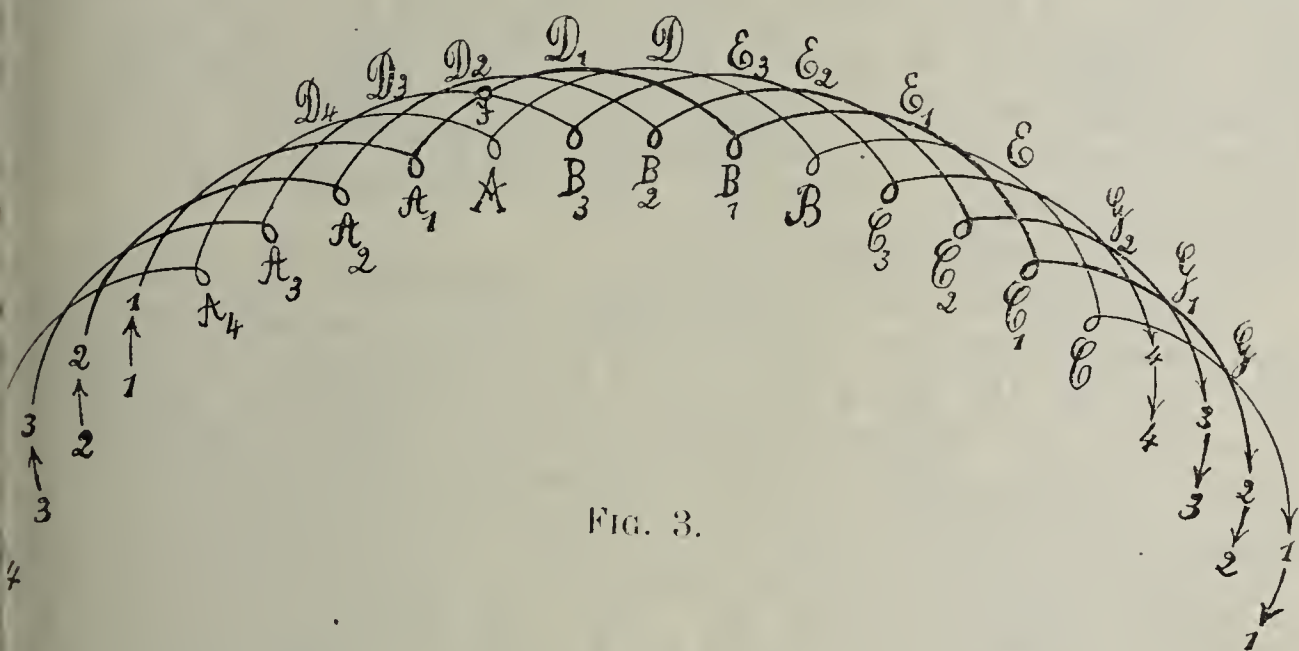


FIG. 3.

Or, une révolution de la Terre autour du Soleil dure à peu près 365 jours et six heures. Représentons par le point *A* (*fig. 3*) le point de l'espace planétaire où vint choir mon caillou cylindrique près des rails. Sa trajectoire passera par *A D B E G...*, chaque boucle correspondant à l'espace parcouru en heures. Au bout de 365 jours précis, ayant exécuté 365 cycles semblables, le caillou se trouvera non en *A*, mais en ; au bout de la première année exactement, le centre de la

Terre occupant de nouveau la même position, le caillou sera dans le voisinage de  $A$ , disons en  $J$ , puis, continuant sa trajectoire, passera par  $D_1 B_1 E_1 C_1 G_1 \dots$ . Au bout de 365 nouvelles circonvolutions, il se trouvera en  $A_2$  pour continuer par  $D_2 B_2 E_2 C_2 G_2 \dots$ . Ayant exécuté pour la troisième fois 365 circonvolutions en 365 jours, il se trouvera en  $A_3$  et continuera par  $D_3 B_3 E_3 C_3 G_3$ ; enfin, après avoir fait pour la quatrième fois 365 boucles en 365 jours, il se trouvera en  $A_4$ ; continuant alors par  $D_4$ , il viendra en  $A$  emboîter exactement la trajectoire commencée quatre ans auparavant. — Voilà quelle serait la trajectoire, si l'année comptait exactement 365 jours six heures.

Or, on sait que l'année sidérale comprend 365,25636 jours, soit 365 jours 6 heures 9 minutes et 9,504 secondes, et l'année tropique 365,2422166 jours = 365 jours 5 heures 48 minutes 48 secondes. Vous voyez dans quelle discussion astronomique autant que mathématico-philosophique cette question nous lança. Nous finîmes pourtant, en nous disant adieu deux jours plus tard, par tomber d'accord : en supposant rigoureusement exactes les données qui servaient de base à nos déductions et faisant abstraction des *perturbations* astronomiques, la vraie trajectoire de mon caillou cylindrique serait une courbe fermée très compliquée et que le centre de gravité du dit caillou mettrait 250 siècles à parcourir une fois. Tous les 25 000 ans, il recommencerait à coïncider périodiquement avec les mêmes points de l'espace planétaire. Tel fut le résultat de nos calculs et de notre longue discussion.

Erreur ! puis-je dire aujourd'hui. Ignorants que nous étions, nous supposions que le Soleil reste en place, immobile au centre de l'univers. On sait aujourd'hui qu'au contraire, le Soleil est lancé dans les espaces cosmiques, dans la direction de la constellation d'Hercule, avec une vitesse qui dépasse 80 000 *km* à l'heure, entraînant avec lui tout notre système planétaire. Dans ces circonstances, la vraie trajectoire de mon caillou ne saurait être une courbe fermée du genre de celles que je viens de décrire, puisqu'en une année, le Soleil se déplace d'environ 800 millions de *km*, que par conséquent le caillou, parti de  $A$ , ne se retrouvera au bout de l'année sûrement pas dans le voisinage de  $A$ . Si le Soleil file en ligne droite, la trajectoire du caillou n'est pas une ligne fermée. Mais le Soleil, et tout notre monde planétaire avec lui, ne gravite-t-il pas plutôt autour d'un astre de la constellation d'Hercule, mettant peut-être des millions d'années à parfaire une révolution ? Mystère ! Tout ce que nous savons aujourd'hui, c'est que la distance du Soleil



à la constellation d'Hercule diminue à raison de plus de 80 000 *km* par heure. Qui nous dit que la constellation d'Hercule reste immobile? Et si ce n'est pas le cas, est-ce cette constellation qui fuit devant le Soleil, pour être un beau jour rattrapée par lui, après des millions ou des milliards de siècles? Ou est-ce notre Soleil qui fuit devant elle, comme s'il cherchait à échapper? Encore une fois : mystère ! Je pense que ni l'un ni l'autre n'est le cas. Le Soleil et les astres de la constellation d'Hercule décrivent chacun son orbite, et ces orbites, très probablement, se croisent dans l'espace et ne se coupent pas. Il n'y aura donc très probablement jamais cette catastrophe de tamponnement stellaire.

Mais alors, quelle est donc la vraie trajectoire de mon caillou cylindrique? Mesdames et Messieurs, je vous pose la question. Quelle est sa trajectoire réelle, sa trajectoire absolue, indépendante de la Terre et du Soleil et de la constellation d'Hercule et de tous les astres de l'univers? Quelle en est la *trajectoire en soi*?

Après réflexion, vous arriverez au résultat que, posée en ces termes, la question n'a pas de sens précis. En effet, l'idée d'une « trajectoire en soi » décrite par un point n'a aucun sens mathématique ni physique. — Je laisse ouverte la question du sens métaphysique, me bornant à rappeler la définition que donnait VOLTAIRE de la métaphysique : Deux interlocuteurs *A* et *B* discutent ; si *A* ne comprend pas ce que dit *B*, mais comprend ce qu'il dit lui-même et que, réciproquement, *B* ne comprenne pas ce que dit *A*, mais comprenne ce qu'il dit lui-même, alors c'est de la philosophie ; si au contraire, *A* ne comprend ni ce que dit *B* ni ce qu'il dit lui-même, et que, réciproquement, *B* ne comprenne ni ce que dit *A*, ni ce qu'il dit lui-même, alors c'est de la métaphysique.

Pour donner à la question posée un sens physique et mathématique, il faut et il suffit qu'on mentionne un système de coordonnées, ou qu'on le sous-entende ; en langage populaire : il faut placer l'observateur dans un laboratoire déterminé. — Envisageons d'abord la trajectoire parcourue par mon caillou depuis l'instant où ma main le lâcha jusqu'au moment où il atteignit le talus. On pourra répondre en disant : « dans un système de coordonnées lié invariablement au train, la trajectoire en question est un segment de droite » ; ou bien en disant : « dans un système de coordonnées lié invariablement à la surface terrestre, la trajectoire en question est un arc de parabole. » Les deux propositions sont justes. Elles ont chacune un sens mathématique nettement défini ; toute apparence de



contradiction a disparu ; elles ont aussi un sens physique : si nous disons « laboratoire » au lieu de « système de coordonnées », un physicien muni des appareils nécessaires et placé dans ce laboratoire pourra, par des manipulations appropriées, vérifier l'exactitude de la proposition dans les deux cas.

Envisageons maintenant la trajectoire du caillou à partir de l'instant où il resta enfoncé dans le talus. On peut répondre à la question posée en disant : 1/ « Dans un système de coordonnées lié invariablement à la surface du globe, la trajectoire en question se réduit à un point. » En effet, dans un tel laboratoire, le caillou reste immobile. Ou bien : 2/ « Dans un système de coordonnées lié invariablement au Soleil, la trajectoire envisagée est une courbe fermée assez compliquée, semblable à celle décrite précédemment. » Ou bien : 3/ « Dans un système de coordonnées lié invariablement à la constellation d'Hercule, la trajectoire envisagée est une courbe très compliquée et sans doute non fermée. » Ou bien : 4/ « Dans un système de coordonnées lié invariablement à l'étoile Sirius, la trajectoire en question est une courbe dont actuellement on ne saurait écrire l'équation sans faire des hypothèses sur le mouvement de Sirius par rapport au Soleil. » — Et ainsi de suite. Toutes ces propositions sont justes. Elles ne se contredisent pas et ont chacune un sens mathématique nettement défini. Elles ont aussi chacune un sens physique, et si l'on imaginait des laboratoires géants, englobant tout le système planétaire, avec des physiciens de taille proportionnée à l'immensité du laboratoire, ces propositions seraient susceptibles de vérification expérimentale.

En résumé, vous voyez que la forme de la trajectoire de mon caillou cylindrique dépend du système de coordonnées auquel on la rapporte, ou du laboratoire dans lequel on suppose placé l'observateur. — Or, tous les systèmes de coordonnées cartésiennes sont illimités dans leurs dimensions ; tous les trièdres de référence s'étendent à l'infini ; tous les « laboratoires » dont nous parlons ici sont censés être également vastes et bien aménagés. « Par quoi se distinguent-ils alors l'un de l'autre ? » me demanderez-vous ; « est-ce par leur position dans l'espace planétaire ? » — « Non », sera la réponse, « car dès que deux laboratoires sont immobiles l'un par rapport à l'autre, nous les envisagerons comme formant corps, comme constituant un seul et même *système invariable*, un seul et même laboratoire. L'unique différence qui entre ici en question réside dans leur état de mouvement. » — Voici donc le résultat

auquel conduisent toutes ces déductions : *La forme de la trajectoire dépend de l'état de mouvement de l'observateur.*

Les considérations développées à propos de mon caillou cylindrique peuvent être appliquées à n'importe quel mouvement, aux lois du pendule aussi bien qu'aux orbites des planètes. On voit que, pour être précis et rigoureux dans l'énoncé des lois mécaniques, physiques, chimiques, etc., il faut, explicitement ou non, les rapporter à un système de coordonnées bien déterminé. Le plus souvent, en décrivant les phénomènes de la nature, on sous-entend qu'ils se passent dans un « laboratoire » faisant corps avec la Terre et auquel l'observateur est lié invariablement. Ce fut même toute une révolution, inaugurée par COPERNIC, puis continuée par KÉPLER et achevée par NEWTON, que de concevoir un observateur immobile par rapport au Soleil, d'imaginer un système de coordonnées héliocentrique. La notion de *trajectoire* ou d'*orbite*, tout comme celle de *mouvement*, est essentiellement relative et implique un trièdre de référence, sous-entendu ou explicitement mentionné. Or, il en est de même de la notion de temps. Au point de vue physique, « le temps en soi » n'a pas davantage un sens net que « la trajectoire en soi ». Pour donner à l'idée de *temps* un sens précis, il faut que le système de coordonnées où opère le savant soit chronométré par une méthode déterminée sur une horloge-étalon. (Voir p. 13-15.)

Dans la mécanique céleste fondée par NEWTON, une énigme restait sans réponse définitive : le mouvement du périhélie de la planète Mercure ☿. En 1845 déjà, LEVERRIER, calculateur aussi habile que persévérant, trouva que le dit périhélie, au lieu de rester fixe, ou à peu près, se déplace constamment dans le même sens, d'une quantité qu'il trouva correspondre à un angle de 38" environ par siècle. La discussion approfondie de toutes les observations a prouvé qu'en principe, LEVERRIER avait raison, l'irrégularité constatée étant presque 30 fois plus grande que son erreur probable, mais que l'écart est de  $43'' \pm 5''$  par siècle. Il est donc constaté irréfutablement : 1) que le périhélie de ☿ se déplace, dans le sens du mouvement de la planète autour du Soleil, plus rapidement qu'il ne devrait le faire d'après la mécanique céleste de Newton ; 2) que cet écart entre le résultat du calcul et celui de l'observation directe est de 43" par siècle, à très peu de chose près.

Pour expliquer cette perturbation, on eut recours à plusieurs hypothèses que je classe en deux catégories :

a) Le plus naturel était de répéter ce qu'avaient fait



LEVERRIER et ADAMS pour expliquer les perturbations d'Uranus : supposer l'existence de planètes « intramercurielles » encore inconnues, c'est-à-dire de planètes dont l'orbite est entièrement comprise entre  $\S$  et le Soleil. Mais ce fut toujours en vain que les télescopes les plus puissants fouillèrent le ciel aux endroits que désignaient les calculateurs. Il fallait donc une hypothèse supplémentaire pour expliquer l'invisibilité constante de la planète hypothétique.

3) On supposa qu'il n'y a pas de planètes intramercurielles, mais que dans le voisinage du Soleil tourbillonnent des millions de météores, attirés par la force de gravitation et décrivant autour de lui les ellipses les plus variées. Des calculs laborieux prouvent qu'on peut faire sur les masses, les positions et les vitesses de ces innombrables météores des hypothèses tellement appropriées qu'il en résulte, en vertu de la gravitation universelle et des lois de la mécanique classique, précisément le mouvement énigmatique du périhélie de  $\S$ . Ici encore, il faut une hypothèse supplémentaire pour expliquer l'invisibilité constante et absolue de ces corps hypothétiques.

Bref, pour rendre compte du fameux mouvement du périhélie de Mercure, on était obligé d'avoir recours à des masses encore inconnues du système solaire, et comme aucune recherche télescopique ou autre ne venait confirmer l'existence de ces masses, on expliquait leur invisibilité par de nouvelles hypothèses imaginées *ad hoc* et que l'on admettait faute de mieux. Voilà où en était la mécanique céleste de NEWTON au moment où ALBERT EINSTEIN lança sa théorie de la relativité.

M. A. EINSTEIN donna au principe spécial de relativité la plus grande extension possible, en admettant que, dans le vide, la lumière se propage toujours avec une vitesse constante  $c = 300\,000\text{ km par seconde}$ , la même dans toutes les directions. Il n'hésita pas à remplacer la mécanique galiléo-newtonienne par une autre dite *mécanique de la relativité*, dont il établit quelques théorèmes fondamentaux. Par un hasard des plus heureux, M. H.-A. LORENTZ avait déjà introduit certaines notions nouvelles qui sont essentielles et qui ont rendu possible la théorie de la relativité, par exemple l'idée de la contraction longitudinale et d'autres formules encore. Il est juste de dire que sans ces précurseurs, la nouvelle théorie ne se serait pas édifiée si tôt. La mécanique de la relativité étant différente de la classique, il va sans dire que si l'une est juste, l'autre sera fausse. Mais en comparant les formules, on voit aussi que, *dans les conditions habituelles*, la différence n'est que théorique et imperceptible en pratique. Si la mécanique nouvelle



décrit les phénomènes avec une exactitude mathématique, la mécanique galiléo-newtonienne en est une approximation extraordinairement bonne.

Exemple : le théorème d'addition des vitesses. En supposant que les vitesses  $v$  et  $w$  aient même direction, la mécanique classique donne pour la résultante  $c = v + w$ , tandis que la mécanique de la relativité donne  $c = \frac{v + w}{1 + \frac{v}{\sigma} \cdot \frac{w}{\sigma}}$

où  $\sigma$ , vitesse de la lumière dans le vide, est une constante l'univers et  $= 300\,000\text{ km}$  par seconde.

Il est d'un haut intérêt de savoir laquelle des deux cinématiques est juste. Seule, l'expérience peut nous l'apprendre. Mais il n'est pas très simple d'imaginer des dispositifs permettant de trancher la question avec certitude. L'un nous est fourni par la célèbre expérience de FIZEAU. Or, celle-ci donne une réponse nettement favorable à la cinématique de la relativité. Une autre confirmation expérimentale vint du domaine astronomique et, chose inattendue, c'est la grande énigme du mouvement du périhélie de Mercure qui reçut une solution satisfaisante.

Pour simplifier, supposons le Soleil et la planète ♄ seuls dans l'univers ou du moins, faisons abstraction des perturbations qui proviennent de la présence d'autres corps matériels. NEWTON enseignait que dans ce cas ♄, gravitant autour du Soleil, décrira une ellipse dont le Soleil occupera l'un des foyers. La nouvelle mécanique céleste, moins simple que la classique, enseigne au contraire que, dans les conditions admises, la planète gravitera autour du Soleil en décrivant une courbe très compliquée dont je vais essayer de vous donner une idée.

Soit une ellipse  $A B C D E G E' D' C' B' A$  (fig. 4) tournant autour de l'un de ses foyers,  $F$ , en restant toujours dans son plan. Imaginons qu'un point mobile  $M$  parcourt cette ellipse génératrice pendant qu'elle est animée du dit mouvement de rotation. Quelle sera la résultante de ces deux mouvements simultanés, la trajectoire du point  $M$  dans le plan de l'ellipse ? Pour fixer les idées, nous supposons :

- 1) que l'ellipse génératrice tourne autour du point  $F$  dans le sens des aiguilles d'une montre, avec une vitesse angulaire constante et telle qu'une révolution complète soit exécutée toutes les deux secondes ;
- 2) que le point  $M$  se meuve sur l'ellipse dans le sens des aiguilles d'une montre et avec une vitesse  $v$  qui lui fasse parcourir 1 fois par

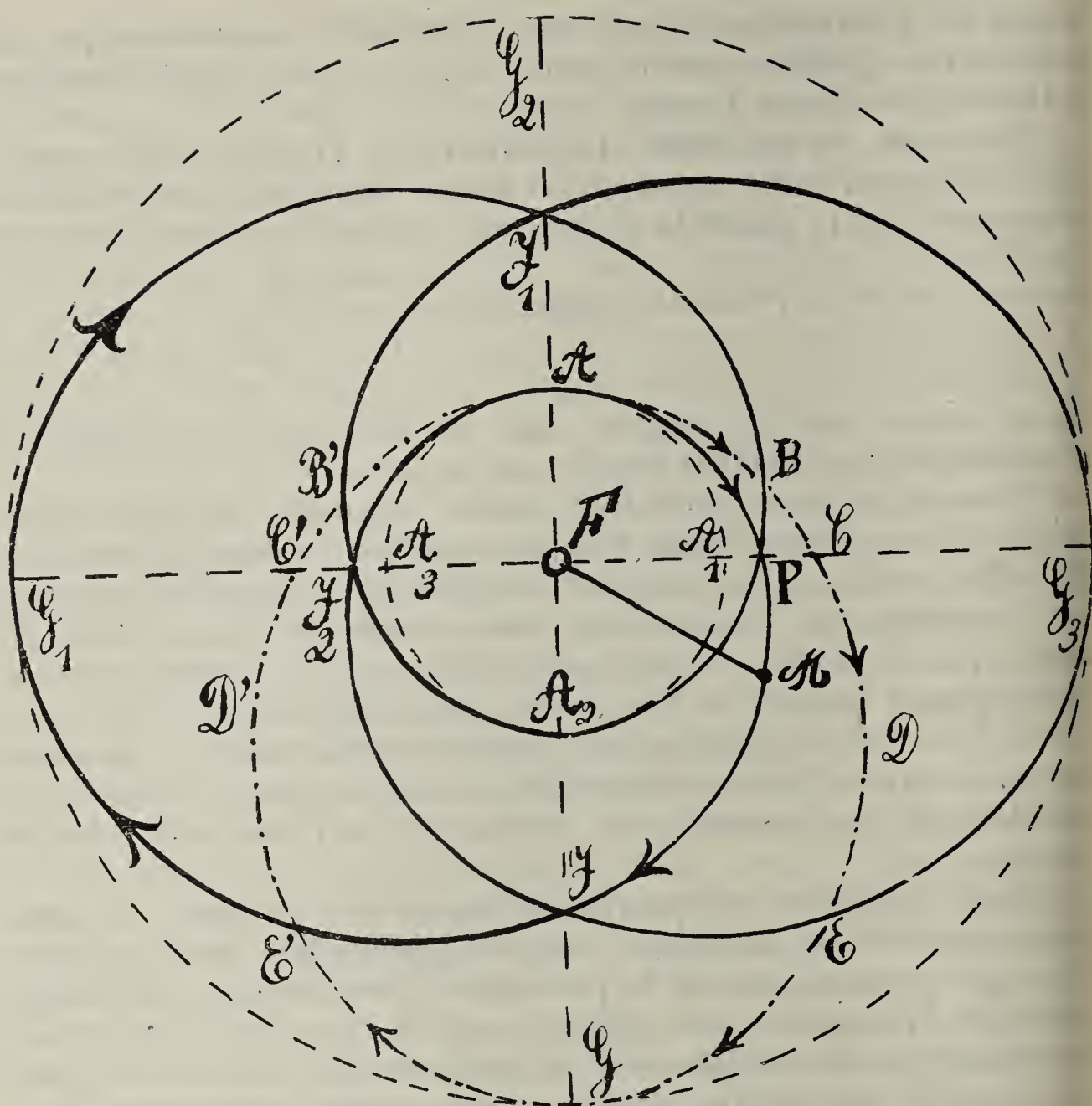


FIG. 4.

seconde exactement l'ellipse entière; que, de plus, les variations de cette vitesse  $v$  soient telles que la rotation du rayon vecteur  $r = FM$  autour du foyer  $F$  s'effectue avec une vitesse angulaire  $\omega'$  constante; on aura  $\omega' = 2\omega$ ;

3) qu'à l'instant  $t = 0$ , le mobile  $M$  se trouve en  $A$ , sommet le plus rapproché de  $F$ , et l'ellipse dans la position qu'indique la fig. 4. Nous allons raisonner comme suit:

a) Sans le mouvement rotatoire de l'ellipse, (si  $\omega = 0$ ), le point mobile  $M$  décrirait, pendant la première demi-seconde, la moitié de l'ellipse, soit l'arc  $ABCDEG$ ; parti de  $A$ , il atteindrait en  $G$  l'autre extrémité du grand axe. Or,  $\omega$  n'étant pas nul, l'ellipse, pendant cette première demi-seconde, exécute le quart d'une révolution complète, par hypothèse. Le grand



axe  $AFG$  vient en  $A_1FG_1$  et le point mobile parti de  $A$  aboutira non en  $G$ , mais en  $G_1$ , ayant ainsi décrit l'arc  $APMJ'E'G_1$ .

β) Pendant la deuxième demi-seconde, le grand axe  $A_1FG_1$  tourne de nouveau de  $90^\circ$  autour de  $F$  et vient en  $A_2FG_2$ , entraînant l'ellipse avec lui. Le mobile  $M$  parti de  $G_1$ , au lieu d'atteindre en  $A_1$  l'autre extrémité du grand axe, l'atteindra en  $A_2$  et décrira ainsi l'arc  $G_1J_1BPA_2$ , symétrique du précédent par rapport à la droite  $G_1FG_3$ .

γ) Pendant la troisième demi-seconde, le grand axe, partant de la position  $A_2FG_2$ , tourne de  $90^\circ$  autour de  $F$  et vient en  $A_3FG_3$ , entraînant l'ellipse avec le point mobile  $M$ . Ce dernier, parti de  $A_2$ , au lieu d'atteindre en  $G_2$  l'autre extrémité du grand axe, l'atteindra en  $G_3$  et décrira ainsi l'arc  $A_2J_2B'J_1G_3$ .

δ) Pendant la quatrième demi-seconde, le grand axe, partant de la position  $A_3FG_3$ , tourne d'un angle droit autour de  $F$  et vient en  $AFG$ , entraînant dans son mouvement de rotation l'ellipse avec le point mobile  $M$ . Celui-ci, parti de  $G_3$ , atteindra l'autre extrémité du grand axe non en  $A_3$ , mais en  $A$  et décrira ainsi l'arc  $G_3EJJ_2A$ , symétrique du précédent par rapport à la droite  $G_1FG_3$ .

ε) Au bout des deux premières secondes, l'ellipse aura de nouveau la position qu'indique la fig. 4 et le point mobile se trouvera en  $A$ , comme à l'instant  $t=0$ . Les mêmes mouvements se répéteront périodiquement de deux secondes en deux secondes. La trajectoire du mobile est donc, dans ces hypothèses, une courbe  $gp_2$  fermée ayant quatre points doubles, deux axes de symétrie et un centre qui est le foyer  $F$  de l'ellipse génératrice. Son équation  $r=f(\theta)$  en coordonnées polaires rapportées à  $F$  comme pôle et  $FA$  comme axe polaire

est  $r = \frac{p}{1 + e \cdot \cos \frac{2\theta}{3}}$ , où  $p = b^2 : a$  représente le demi-paramètre

et  $e = \frac{c}{a}$  l'excentricité numérique de l'ellipse,  $0 < e < 1$ .

Supposons maintenant  $\omega' = 4\omega$ , en paroles : dans les hypothèses sus-indiquées, faisons ce changement que l'ellipse met quatre secondes à exécuter une révolution complète autour du foyer  $F$ , tandis que le point mobile  $M$  parcourt une fois par seconde l'ellipse entière (fig. 5). En une demi-seconde, le grand axe  $AFG$  de l'ellipse tournera autour de  $F$  d'un angle de  $90^\circ$  et le point mobile décrira l'arc  $AJG_1$ . En raisonnant comme précédemment, on verrait que la trajectoire se compose





autour de  $F$  d'un angle de  $22\frac{1}{2}^\circ$  et le point mobile, parti d'une extrémité de ce grand axe, décrit un arc égal à  $AJKG_1$ . La trajectoire entière  $gp_8$  se compose de seize arcs égaux à celui-là et disposés symétriquement de manière à former une courbe fermée ayant 64 points doubles, huit axes de symétrie et un centre coïncidant avec  $F$ . Son équation en coordonnées polaires est  $r = p : \left(1 + e \cdot \cos \frac{8\theta}{9}\right)$

Envisageons le cas général où  $\omega' = n \cdot \omega$ ; le point mobile parcourt une fois par seconde l'ellipse entière et celle-ci met  $n$  secondes à faire une révolution complète. Nous supposons que  $n$  représente un nombre *entier* auquel nous attribuerons les valeurs de plus en plus grandes. A l'instant  $t = 0$  (v. *fig. 6*), supposons le mobile à l'extrémité  $A$  du grand axe  $AFG$  et l'ellipse dans la position  $ANGLA$ . Pendant la première demi-seconde, le grand axe tourne autour de  $F$  d'un angle  $GFG_1$  égal à la  $n^{\text{ième}}$  partie de deux angles droits et le point mobile, parcourant la première moitié de l'ellipse, décrit l'arc  $AJKG_1$  qui est la  $(2n)^{\text{ième}}$  partie de la trajectoire complète. Pendant la deuxième demi-seconde, le grand axe vient de la position  $A_1FG_1$  en  $A_2FG_2$  et le point mobile  $M$ , en parcourant l'autre moitié de l'ellipse, décrit l'arc  $G_1J_1A_2$  symétrique du précédent par rapport à l'axe  $A_1FG_1$ . — Ainsi, pendant la première seconde, le mobile décrit la boucle  $AJKG_1J_1A_2$ .

Une boucle égale sera décrite pendant la deuxième seconde, puis une troisième boucle égale pendant la troisième seconde, puis une quatrième pendant la quatrième seconde, etc.; enfin, encore une boucle égale pendant la  $n^{\text{ième}}$  seconde. Au bout de  $n$  secondes, l'ellipse aura effectué une révolution complète, recouvrera donc de nouveau la position  $ANGLA$  et le point mobile  $M$  se retrouvera en  $A$ , comme à l'instant  $t = 0$ .

On voit que la trajectoire complète  $gp_n$  est une courbe fermée ayant  $n^2$  points doubles,  $n$  axes de symétrie et un centre qui coïncide toujours avec le foyer  $F$  de l'ellipse génératrice. On voit de plus que la courbe entière est située dans une couronne circulaire comprise entre deux cercles concentriques de centre  $F$  et dont les rayons sont  $\overline{AF}$  et  $\overline{GF}$ , c'est-à-dire  $a - c$  et  $a + c$ , où  $a$  représente le demi grand axe de l'ellipse et  $c$  la distance de son centre à l'un de ses foyers. La forme de la trajectoire dépend donc encore de l'excentricité

amérique  $e \equiv \frac{c}{a}$ , nombre positif plus petit que 1 : moins l'excentricité de l'ellipse mobile sera prononcée, plus la cou-

ronne circulaire en question sera étroite, puisque sa largeur est  $(a + c) - (a - c) = 2c$ , distance des deux foyers de l'ellipse.

J'ajoute en passant que si, l'hypothèse  $\omega' = n \cdot \omega$  étant faite,  $n$  est un nombre rationnel fractionnaire, par exemple  $n = p : m$ , où  $p$  et  $m$  représentent des nombres entiers premiers entre eux, cela entraîne une complication de plus dans la forme de la trajectoire : la courbe ne se ferme qu'après  $m$  révolutions complètes de l'ellipse autour du foyer  $F$ . La trajectoire est encore une courbe  $gp_n$  fermée, composée d'un nombre fini de boucles superposables, courbe ayant un centre en  $F$ , comprise entièrement dans la couronne circulaire de largeur  $2c$  et possédant un nombre fini de points doubles et d'axes de symétrie.

Enfin, si  $n$  n'était pas un nombre rationnel, il y aurait lieu de distinguer suivant que  $n$  est irrationnel algébrique ou irrationnel transcendant. Ces cas ont en commun que la trajectoire complète du mobile  $M$  est une courbe  $gp_n$  transcendante non fermée comprenant un nombre infini de boucles superposables et différemment placées, un nombre infini de points doubles et possédant un nombre infini d'axes de symétrie tous concourants au foyer  $F$  qui est en même temps centre de la courbe. Tous les points de cette courbe, remarquable à plusieurs égards, sont situés dans la couronne circulaire de largeur  $2c$  déjà plusieurs fois mentionnée. Cette couronne circulaire est entièrement remplie par la trajectoire, c'est-à-dire que les points de la courbe en question y forment, comme on dit, une *pantachie*, un ensemble de points dense partout. L'équation de la courbe  $gp_n$ , en coordonnées polaires  $r, \theta$ , rapportées à  $F$  comme pôle, est  $r = p : \left(1 + e \cdot \cos \frac{n \theta}{n + 1}\right)$

Reprenons l'hypothèse de tout à l'heure,  $\omega' = n \cdot \omega$ , et supposons  $n$  entier et très grand ; prenons en particulier  $n = 12\,538\,800$ . Cela revient à dire que le mouvement rotatoire de l'ellipse autour de son foyer  $F$  est très lent par rapport au mouvement de circulation du point mobile  $M$  sur l'ellipse, puisque ce mobile a le temps de parcourir l'ellipse entière 12 538 800 fois pendant qu'elle effectue une seule révolution autour de  $F$ . Si donc on suppose que  $M$  met une seconde pour parcourir l'ellipse, celle-ci mettra 145 jours 3 heures, soit près de cinq mois, pour exécuter une révolution complète autour de  $F$ . En une demi-seconde, le grand axe tourne d'un angle très petit  $\angle GFG_1$  égal à  $180 \cdot 60 \cdot 60 : 12\,538\,800 = 0'',05167$ . L'arc  $AJKG_1$  décrit par le point mobile (v. fig. 6) ressemble



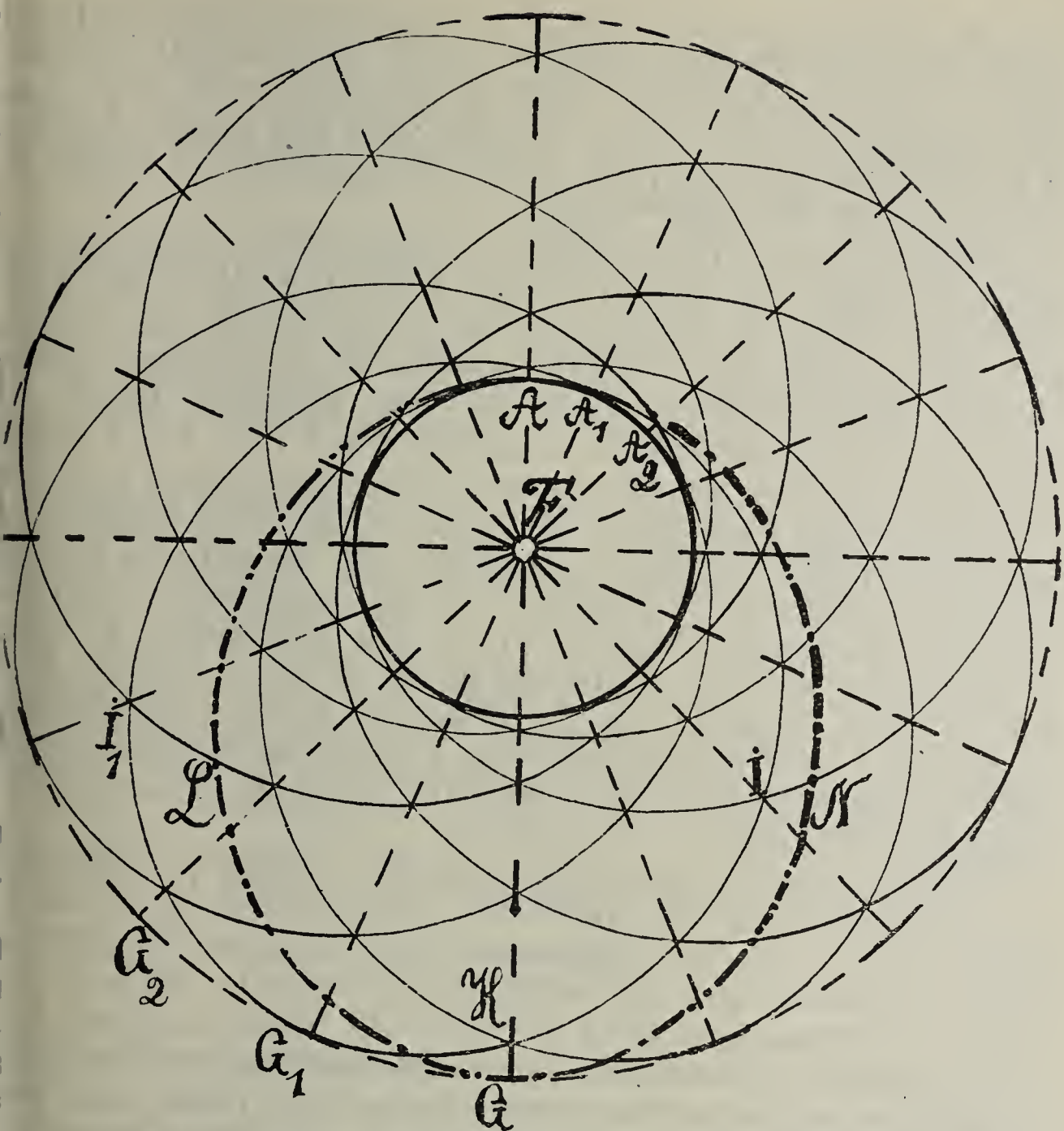


FIG. 6.

que énormément à une demi-ellipse, et la boucle  $AJKG_1J_1A_2$  se distingue presque pas d'une ellipse mathématique. Quand le nombre  $n$  prend des valeurs de plus en plus grandes, le mouvement rotatoire de l'ellipse autour de son foyer devient de plus en plus lent en comparaison du mouvement circulatoire du mobile  $M$ ; l'angle  $GFG_1$  devient de plus en plus petit, l'arc  $AJKG_1$  de la trajectoire tend vers une demi-ellipse, et la forme de la première boucle  $AJKG_1J_1A_2$ , même que celle de chacune des  $n$  boucles superposables, tend vers celle de l'ellipse génératrice. Un observateur dont les instruments de mesure ne seraient pas d'une précision très grande, ou qui n'aurait pas eu le temps d'étudier à fond ce mouvement, ne s'apercevrait peut-être pas du tout de la rota-

tion de l'ellipse et croirait décrire la trajectoire exacte du point  $M$  en disant qu'elle est elliptique, alors qu'en réalité, comme nous le savons maintenant, c'est la courbe fermée  $gp_{12\ 538\ 800}$  très compliquée qui a  $157 \cdot 221\ 505 \cdot 440\ 000$  points doubles et  $12\ 538\ 800$  axes de symétrie tous concourants au centre  $F$ . Elle est du  $25\ 077\ 602^{\text{ième}}$  degré.

Observez que si l'on dessinait, même avec le trait le plus mince possible, à côté de l'ellipse  $ANGLA$  de la fig. 6, la première boucle  $AJKG_1J_1A_2$  de cette courbe  $gp$ , l'angle  $\alpha = GFG_2$  étant de  $0'',10335$  seulement, la différence entre l'ellipse mathématique exacte et cette première boucle de  $gp_{12\ 538\ 800}$  serait totalement imperceptible à l'œil nu, à moins de donner au dessin des dimensions extraordinairement grandes.

Ces résultats étant admis, nous allons reprendre l'hypothèse qui fut le point de départ de toutes ces déductions géométriques : le Soleil et la planète Mercure, supposés seuls dans l'univers et soumis à la loi de gravitation universelle. Le foyer  $F$  représente alors le centre du Soleil, le point mobile  $M$  le centre de  $\S$ , le grand axe  $AFG$  devient la ligne des apsides ; au lieu de 1 seconde, nous aurons 1 année de Mercure, savoir  $87,97$  jours terrestres  $= 7\ 600\ 608$  secondes, disons, pour simplifier,  $88$  jours.

Je répète que la mécanique céleste, fondée par NEWTON, enseigne que dans ces conditions, étant donnée la masse du Soleil, celle de  $\S$  et la distance de leurs centres,  $\S$  gravitera autour du Soleil, que son centre décrira tous les  $88$  jours une ellipse mathématique dont le centre du Soleil occupera l'un des foyers, que cette orbite conservera indéfiniment sa forme, sa grandeur et sa position dans l'espace, du moins aux yeux d'un observateur supposé immobile par rapport au Soleil. Contrairement à cette doctrine, M. A. EINSTEIN trouva, en appliquant aux données astronomiques les formules de la mécanique de la relativité, que pendant une révolution de  $\S$  autour du Soleil, donc en  $88$  jours, la ligne des apsides tourne dans le sens du mouvement de la planète, d'un angle  $\alpha$  égal à un dixième de seconde, plus exactement  $\alpha = 0'',10335$ .

Faisons maintenant le calcul : en  $88$  jours, un dixième ou  $0'',1$  ; en un jour,  $88$  fois moins ; et en une année,  $365$  fois plus, soit  $\frac{365 \cdot 0'',1}{88}$ . Remarquant qu'une année terrestre compte  $365,25636$  jours et une année de Mercure  $87,97$  jours, on trouve pour cent années, en prenant les chiffres exacts,  $100 \cdot 0,10335 \cdot 365,25636 : 87,97 = 42,91$  secondes. Si l'on tient compte des inévitables erreurs d'observation, on peut dire que



cela fait, pour l'avance du périhélie de Mercure, juste le montant dont l'observation a prouvé l'existence et qui constituait la pierre d'achoppement de la mécanique céleste newtonienne. C'est une concordance frappante entre la théorie et l'observation. Si l'on admet la mécanique de la relativité, il n'est donc pas nécessaire d'avoir recours à des hypothèses supplémentaires. Le seul fait de la gravitation autour du soleil suffit déjà pour rendre compte, avec une exactitude merveilleuse, des mouvements des corps célestes réellement observés. On ne saurait exagérer l'importance de cette constatation qui vient militer de tout son poids en faveur du principe de relativité.

Si la mécanique de la relativité est exacte, *chaque planète*, pas seulement  $\S$ , doit présenter le même phénomène : une avance du périhélie dans le sens du mouvement de la planète. Alors », objecterez-vous, « pourquoi n'a-t-on jamais constaté chez les autres planètes cette rotation lente et séculaire de toute l'orbite autour du Soleil ? » — « Pour deux bonnes raisons », sera la réponse. D'abord, *le mouvement rotatoire en question est d'autant plus lent que la planète est plus éloignée du Soleil*. Désignons par  $\alpha$  l'angle  $G F G_2$  dont tourne la ligne des apsides pendant que la planète exécute une révolution complète. M. EINSTEIN a déduit de sa théorie la formule

$$\alpha = \frac{24 \pi^3 \cdot a^2}{T^2 \cdot \sigma^2 \cdot (1 - e^2)} \quad (1)$$

formule dite « de GERBER », en l'honneur du savant qui la publia, en 1898, pour la première fois (v. *Zeitschrift f. Math. Phys.* 43 (1898), p. 93-104). Dans la formule de GERBER,  $\sigma = 3,1415926 \dots$  est le rapport de la circonférence au diamètre ;  $\sigma = 300\,000 \text{ km/sec}$  est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide ;  $a$  représente, évaluée en *km*, la distance moyenne de la planète au Soleil, distance égale à la longueur du demi grand axe de son orbite, et  $e \equiv \frac{c}{a}$ , l'excentricité numérique de l'ellipse ; enfin,  $T$  représente, *évaluée en secondes*, la durée d'une révolution complète de la planète. Or, d'après la troisième loi de KÉPLER,  $T^2$  est proportionnel à  $a^3$  ; la formule de GERBER peut donc s'écrire

$$\alpha = \frac{\text{constante}}{a \cdot \sigma^2 \cdot (1 - e^2)} \quad (2)$$

qui montre bien que  $\alpha$  diminue quand  $a$  augmente.

Comme  $\sigma = 3 \cdot 10^5$  et  $e < 1$ , le facteur  $\sigma^2(1 - e^2)$  est de l'ordre de grandeur de cent milliard, et ce nombre déjà grand doit encore être multiplié par  $a$  qui est pour Vénus de 108 000 000 *km*; pour la Terre, de 149,5 millions; pour Mars, de 228 millions de kilomètres, etc. La formule (2) a donc, pour les trois planètes énumérées (et à fortiori pour les suivantes), un dénominateur de l'ordre de grandeur de  $10^{14} \cdot 10^8 = 10^{22}$ , soit de dix trillions, d'où l'on conclut aisément à l'excessive petitesse de  $\alpha$ . C'est la première raison pourquoi l'on ne s'aperçoit pas si facilement de cette rotation séculaire des orbites planétaires autour du Soleil: son excessive lenteur jointe aux inévitables erreurs d'observation.

En prenant pour Mercure les données astronomiques:  $a = 57\,900\,000$  *km*,  $T = 7\,600\,600$  *secondes*,  $e = 0,206$  d'où  $1 - e^2 = 0,957564$ , on trouve

$$\alpha = \frac{24 \pi^3 \cdot 57\,900\,000^2}{7\,600\,600^2 \cdot 9 \cdot 10^{10} \cdot 0,957564} = \frac{8 \pi^3 \cdot 57,9^2}{76\,006^2 \cdot 3 \cdot 95,7564}$$

Ce nombre donne l'angle  $\alpha$  en radians; pour l'exprimer en degrés, minutes et secondes, il faut se rappeler que  $\pi$  radians correspondent à  $180^\circ$ , donc un radiant à  $\frac{180^\circ}{\pi}$  et  $\alpha$ , à  $\frac{\alpha \cdot 180^\circ}{\pi} =$

$\frac{\alpha \cdot 180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi}$  *secondes*. Remplaçant  $\alpha$  par la valeur ci-dessus,

on trouve après réduction  $\alpha = \frac{\pi^2 \cdot 579^2 \cdot 432}{38\,003^2 \cdot 9,57564} = 0'',10335...$

C'est bien le montant annoncé par M. EINSTEIN.

La formule de GERBER, appliquée à la planète Vénus qui parcourt son orbite en 225 jours environ, donne  $\alpha = 0'',047$ , soit à peu près  $7'',8$  par siècle. Pour la Terre, on trouve environ  $3''$  par siècle, pour Mars un peu plus d'une seconde par siècle. Soit  $v$  la vitesse de la planète gravitant autour du Soleil; le montant que donne la formule de GERBER est pratiquement égal à  $6 \pi v^2 : \sigma^2$  radians par révolution.

Cette lenteur excessive du mouvement du périhélie n'est qu'une première cause de ce qu'il a passé inaperçu pour les planètes autres que  $\S$ . Une deuxième cause réside dans la forme de l'orbite. A part précisément  $\S$ , l'excentricité de l'ellipse planétaire est très petite. On le voit par le tableau suivant qui contient, pour les huit grandes planètes et pour la petite planète Eva n° 164, les éléments nécessaires au calcul de l'angle  $\alpha$  par la formule (1):



| Noms<br>des planètes | Durées des révolutions sidérales |                                           | Distances moyennes<br>au soleil                                            |                                 | Excentricités<br>numériques<br>des ellipses |
|----------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
|                      | en années sidérales              | en années juliennes<br>et en jours moyens | la distance moyenne<br>de la Terre au soleil<br>étant prise comme<br>unité | en millions<br>de<br>kilomètres |                                             |
| mercure ♀            | 0 an 240 843                     | 87,9693 jours                             | $a$<br>0,3870987                                                           | $a$<br>58                       | $e$<br>0,2056048                            |
| venus ♀              | 0 » 615 186                      | 224,7008 »                                | 0,7233322                                                                  | 108                             | 0,0068433                                   |
| la Terre ♂           | 1 »                              | 1 an 0,006374 »                           | 1                                                                          | 149,5                           | 0,0167701                                   |
| mars ♂               | 1 » 880 832                      | 1 » 321,72965 »                           | 1,5236913                                                                  | 227,8                           | 0,0932611                                   |
| jupiter ♃            | 11 ans 861 965                   | 11 ans 314,8382 »                         | 5,202800                                                                   | 778                             | 0,0482519                                   |
| saturne ♄            | 29 » 457 176                     | 29 » 166,9864 »                           | 9,538861                                                                   | 1426                            | 0,0560713                                   |
| uranus ♅             | 84 » 020 233                     | 84 » 7,3904 »                             | 19,18329                                                                   | 2869                            | 0,0463402                                   |
| neptune ♆            | 164 » 766 895                    | 164 » 280,1132 »                          | 30,05508                                                                   | 4500                            | 0,0089646                                   |
| pluton ♇ 164         |                                  | 4 » 98,123 »                              | 2,631434                                                                   | 393,3                           | 0,3471007                                   |

L'excentricité numérique de l'orbite de la planète Vénus étant 0,0068, il s'en suit que si l'on construit une ellipse semblable à cette orbite et dont le grand axe ait une longueur de un mètre, la distance des deux foyers ne sera que de 6,8 millimètres. Telle sera donc aussi la largeur de la couronne circulaire mentionnée à plusieurs reprises, à l'intérieur de laquelle se trouve la courbe *gp*. Si donc je traçais devant vos yeux, sur un tableau noir, à la craie, l'ellipse en question, puis, concentrique à elle, le cercle ayant un diamètre de un mètre, l'épaisseur du trait vous empêcherait de distinguer l'une de l'autre des deux courbes. Cette image vous fera mieux comprendre l'erreur de COPERNIC qui disait que Vénus, en gravitant autour du Soleil, décrit une circonférence de cercle. — Or, quand l'excentricité est si petite, *il est difficile d'indiquer avec précision où se trouve le périhélie*. Cette incertitude dans la position exacte du périhélie augmente en valeur absolue avec les dimensions de l'ellipse. Comme ces dimensions atteignent des centaines de millions de *km*, il s'en suit qu'actuellement encore, malgré tout le perfectionnement des instruments astronomiques et des méthodes de calcul, la position du périhélie de Vénus est assez mal connue. Or, quand on connaît la position d'un point à quelques centimètres près seulement, il est impossible de dire si elle a varié, oui ou non, de quelques millimètres.

La même chose pourrait se dire des autres planètes, sauf peut-être de Mars dont l'orbite présente une excentricité qui est presque quatorze fois plus grande que celle de l'orbite de

Vénus. Après ♄, c'est Mars qui a, de toutes les grandes planètes, l'orbite la plus excentrique; c'est donc, après ♄, de Mars que l'on connaît le plus exactement le périhélie, que l'on pourrait par conséquent avec le moins d'incertitude dire si le périhélie est en mouvement ou non. Les astronomes indiquent pour le périhélie de Mars une avance d'environ 9" par siècle; d'après la théorie de M. EINSTEIN, ce périhélie ne doit avancer que de 1" à 2" par siècle; comme les observations astronomiques avant TYCHO BRAHÉ et GALILÉE (XVII<sup>me</sup> siècle) n'atteignent pas la précision voulue, la question n'a pas encore pu être tranchée.

On voit que la probabilité de l'exactitude de ce genre d'observations dépend de deux facteurs essentiels qui sont: 1) l'excentricité numérique de l'ellipse, soit  $e$ ; 2) la vitesse du mouvement du périhélie, soit  $\frac{d\pi}{dt}$ . Pour juger du degré de confiance à accorder aux résultats de ces observations, il faut, d'après NEWCOMB, faire le produit de ces deux facteurs et le comparer à son erreur probable. Pour les quatre premières planètes, ces indications se trouvent résumées dans le tableau que voici:

| PLANÈTES |   | $e \cdot \frac{d\pi}{dt}$ |            |
|----------|---|---------------------------|------------|
| Mercure  | ♂ | 8,48                      | $\pm 0,43$ |
| Vénus    | ♀ | — 0,05                    | $\pm 0,25$ |
| Terre    | ♂ | 0,10                      | $\pm 0,13$ |
| Mars     | ♂ | 0,75                      | $\pm 0,35$ |

On constate que, abstraction faite de Mercure, l'erreur probable est du même ordre de grandeur que le produit de NEWCOMB (pour Vénus, l'erreur probable est même supérieure à la grandeur envisagée). Conclusion: un mouvement du périhélie n'est irréfutablement démontré jusqu'ici que pour Mercure (pour Mercure, le produit de NEWCOMB est vingt fois plus grand que son erreur probable). Ainsi, dans la question du mouvement du périhélie, pour Mercure, c'est l'observation qui a devancé la théorie; pour les autres planètes et pour les comètes, ce sera la théorie qui aura devancé l'observation.

Encore quelques remarques sur les orbites planétaires. Il résulte des considérations précédentes que si le Soleil et ♀



étaient seuls dans l'univers : 1) le centre de ☿ décrirait une courbe ressemblant fort à la courbe  $gp_{12\ 538\ 800}$  aux 12 538 800 axes de symétrie, toujours sous-entendu : aux yeux d'un observateur supposé immobile par rapport au Soleil ; 2) que pour parcourir cette orbite une fois, la planète mettrait plus de 30 000 siècles, savoir 3 019 877 années terrestres correspondant aux 12 538 800 années de ☿. En effet, la ligne des apsides de ☿ tourne en une année mercurienne de  $\alpha = 0'',10335\dots$  et c'est précisément la grandeur que j'ai prise pour l'angle  $GFG_2$  en définissant la courbe  $gp$ .

Pour plusieurs raisons, l'orbite réelle de ☿ n'est pas géométriquement semblable à la courbe  $gp_{12\ 538\ 800}$ . D'abord, à cause des *perturbations* provenant de la présence des autres corps célestes. Ensuite, parce que le mouvement de ☿ sur une boucle quasi-elliptique de son orbite ne s'effectue pas, comme je l'ai supposé, avec une vitesse *angulaire*  $\omega$  constante, mais avec une vitesse *aréolaire* constante (deuxième loi de KÉPLER), c'est-à-dire que la vitesse angulaire  $\omega$  est variable de telle façon que les aires balayées par le rayon vecteur de la planète en des temps égaux sont égales. Cependant, l'influence de cette cause n'est guère plus sensible que celle des perturbations, vu l'excessive lenteur du mouvement rotatoire de l'orbite et enfin, elle est peut-être contre-balancée par les variations encore inconnues de ce mouvement rotatoire lui-même que j'ai supposé uniforme.

En troisième lieu, et c'est la raison principale, l'hypothèse faite en posant  $\omega' = n \cdot \omega$  et prenant  $n = 12\ 538\ 800$  n'est sans doute réalisée qu'approximativement. J'ai pris pour  $n$  ce nombre de 12 538 800 parce que, l'avance du périhélie de ☿ étant de  $\alpha = 0'',10\ 335\dots$  par année mercurienne, une circonférence entière comprend 12 538 800 angles de cette grandeur  $\alpha$ . Or, observateurs et théoriciens s'accordent à dire que  $\alpha = 0'',10335$  est très approché, mais pas rigoureusement exact. Si l'on admet, d'après les connaissances actuelles, que la valeur de  $\alpha$  est comprise entre  $0'',10\ 335$  et  $0'',10\ 336$ , le nombre  $n$ , d'après la théorie, doit être compris entre 12 538 699 et 12 539 912. En tenant compte des perturbations dues à la présence des autres corps célestes, on peut dire que si la courbe  $gp$  aux 12 538 800 axes de symétrie n'est pas semblable à l'orbite réelle, elle en est du moins une représentation beaucoup plus approchée que l'ellipse képlérienne.

La forme de l'orbite dépend du nombre  $n$  qui lui-même dépend de  $\alpha$ , et cet angle, comme le montre la formule de KÉPLER, est fonction de plusieurs grandeurs dont l'état actuel

de la science ne permet que des évaluations plus ou moins approximatives. Si l'on prend  $\alpha = 0''{,}10\ 336$  exactement, on trouve  $n = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{0{,}10\ 336} = \frac{81 \cdot 5 \cdot 10^7}{323} = 12\ 538\ 699 \frac{223}{323}$ . Cela

donne comme trajectoire encore une courbe *gp* à centre, composée d'un nombre fini très grand de boucles superposables, mais qui se ferme seulement après 323 révolutions de l'ellipse génératrice. Comme chacune de ces révolutions dure plus de 30 000 siècles,  $\S$  emploierait plus de 97 551 490 000 années (terrestres) à parcourir une fois son orbite. — Si  $\alpha$ , et par suite

$n = \frac{1\ 296\ 000}{\alpha}$ , est un nombre rationnel, la courbe *gp* correspondante, donc aussi l'orbite de  $\S$ , est fermée. Mais il est possible, voire même probable, que  $\alpha$  soit irrationnel. Dans ce cas, la courbe *gp*, donc aussi l'orbite de  $\S$ , serait une courbe à centre, non fermée. — Des déductions analogues peuvent se faire à propos des autres planètes.

En admettant le principe de relativité, on arrive donc, en mécanique céleste, aux conclusions suivantes : 1) l'orbite d'une planète, abstraction faite des perturbations, est une courbe *gp* à centre, en général très compliquée, composée de boucles égales et symétriquement disposées, boucles dont l'ellipse képlérienne est une représentation très approchée ; 2) l'orbite planétaire est située entièrement à l'intérieur d'une couronne circulaire dont la largeur est égale à l'excentricité linéaire de l'ellipse képlérienne et qui est comprise entre deux cercles concentriques au Soleil ; 3) si l'orbite est une courbe fermée, il faut à la planète un temps excessivement long, des milliers de siècles, pour la parcourir une fois entièrement ; 4) il est probable que l'orbite réelle est une courbe non fermée qui remplit entièrement la couronne circulaire susmentionnée et dont le Soleil occupe le centre.

De ces conclusions, je retiens un point : l'orbite planétaire possède toujours un centre et c'est le Soleil qui l'occupe. N'avez-vous jamais réfléchi sur ce qu'il y a de curieux dans l'une des conclusions de la mécanique classique ? Le Soleil, dont la puissance d'attraction dirige planètes, comètes et météores, le Soleil, qui est le centre physique et mécanique de notre univers planétaire, n'en est pas le centre géométrique ! Le besoin de symétrie inné à l'esprit humain ferait décrire aux astres des cercles autour du Soleil comme centre, ainsi que le faisaient déjà les Anciens, et s'il doit absolument y avoir des ellipses, que le Soleil en occupe au moins le centre et non l'un



des foyers. Personnellement, j'ai toujours trouvé très curieux ce phénomène d'asymétrie qu'implique la mécanique newtonienne et si les déductions mathématiques n'étaient irréfutables, j'aurais eu quelque peine à croire à cette position excentrique. La mécanique de la relativité vient satisfaire ce besoin de symétrie d'une manière inattendue : elle enseigne que les orbites des planètes ont un centre et qu'il coïncide toujours avec le centre du Soleil ! D'après la nouvelle théorie, le centre physique et mécanique de notre monde planétaire en devient aussi le centre géométrique.



# Un *Uromyces* nouveau

récolté dans le Valais

PAR

Dr EUG. MAYOR

---

A l'occasion de la réunion annuelle de la Société Murithienne, j'ai récolté cet été, dans le Valais, près de Brigue, un *Uromyces* fort intéressant sur *Hippocrepis comosa*.

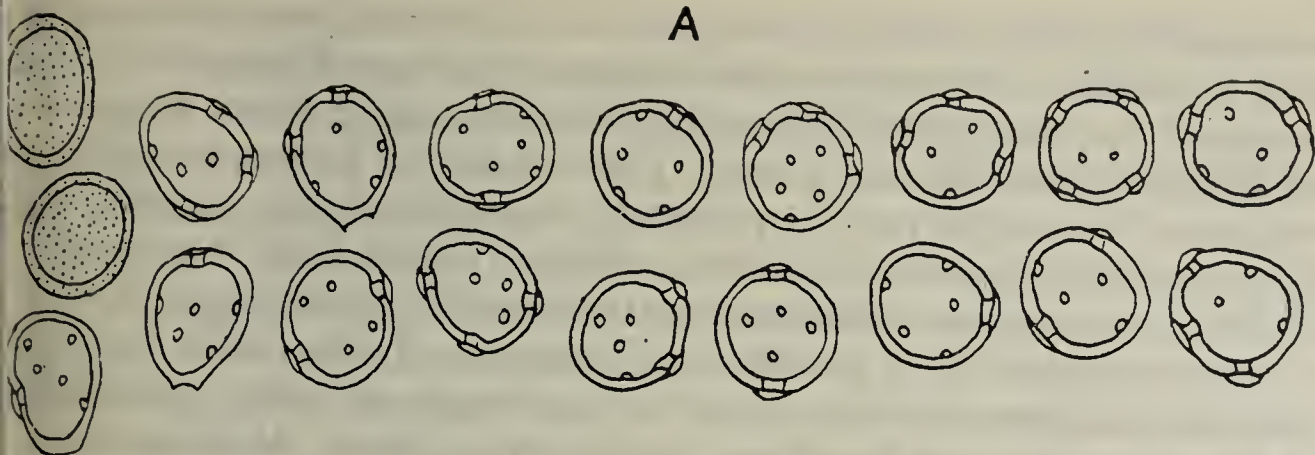
Un examen ultérieur m'a montré que ce parasite n'a encore été ni observé, ni décrit et en poussant l'étude de ce champignon, je suis arrivé à la conclusion que je me trouvais en présence d'une espèce nouvelle que j'appellerai *Uromyces Hippocrepididis* et dont la description est la suivante :

Amas d'urédos sur les deux faces des feuilles, mais surtout à l'inférieure, petits, arrondis ou grossièrement arrondis, ne faisant pas de taches spéciales à la surface des feuilles, d'un brun-jaune, irrégulièrement disposés sur les folioles, généralement peu nombreux et pas ou à peine un peu confluent lorsqu'ils sont abondants, à peine 1 mm. de diamètre, pulvérulents, nus de très bonne heure, entourés d'un rebord épidermique plus ou moins net et déchiqueté, parfois l'épiderme est seulement fendu et la poussière des spores apparaît entre les fentes épidermiques plus ou moins larges. Les amas d'urédos se rencontrent également sur les pétioles où ils prennent une forme allongée, 1 à 2 mm. de longueur sur  $\frac{1}{2}$  mm. de largeur et pour le reste, semblables à ceux des folioles.

Urédospores arrondies, 21 — 26  $\mu$  de diamètre, ovoïdes ou un peu ovalaires, 23 — 30  $\times$  17 — 21  $\mu$ , d'un jaune-brun clair; pores germinatifs au nombre de 6 à 8, irrégulièrement disposés et surmontés d'une petite papille hyaline; membrane d'égale épaisseur partout, 3  $\mu$ , verruqueuse, à verrues petites, également réparties sur toute la surface des spores, denses, à peine espacées les unes des autres de plus de 1  $\mu$ .



A



B



*Uromyces Hippocrepidis* spec. nov. Sur *Hippocrepis comosa* L.  
A. Urédospores. B. Téléutospores. Grossissement 500.

Amas de téléutospores à la face inférieure des feuilles et sur les pétioles, semblables à ceux des urédos, mais moins nombreux et s'en distinguant par une coloration plus foncée, l'un brun noirâtre.

Téléutospores arrondies,  $18 - 21 \mu$  de diamètre, ovoïdes ou plus rarement ovalaires,  $23 - 26 \times 15 - 20 \mu$ , brunes, arrondies aux deux extrémités; pore germinatif apical, sans papille; membrane d'égale épaisseur partout,  $3 \mu$ , dans les spores un peu allongées, parfois légèrement épaissie aux deux extrémités et atteignant  $3,5 - 4 \mu$ , très finement verruqueuse, à verrues très petites, à peine visibles dans les préparations à l'acide lactique, plus facilement visibles à sec, régulièrement disposées sur la surface des spores, denses, à peine espacées les unes des autres de plus de  $1 \mu$ ; pédicelle court, atteignant rarement  $2 \mu$  de longueur sur  $7 - 9 \mu$  de largeur, hyalin, caduc.

Sur feuilles et pétioles de *Hippocrepis comosa* L.; dans le ravier au bord de la Saltine, entre Brigue et le Pont Napoléon (canton du Valais), le 13 août 1920.

Pour le moment, le développement biologique de ce champignon est celui d'un *Hemi-Uromyces*. Il est très probable

cependant qu'on se trouve en présence d'une espèce hétéroïque dont les écidies doivent se développer soit sur *Euphorbia Cyparissias* L., soit plus vraisemblablement encore sur *Euphorbia Seguiariana* Necker, dont j'ai relevé la présence en de nombreux exemplaires à proximité immédiate des plantes de *Hippocrepis comosa* infectées. Seuls cependant des essais d'infection pourront trancher cette question biologique.

Cette espèce de rattache à *Uromyces Anthyllidis* (Grev.) Schröter, espèce globale qui a été observée sur toute une série de Papilionacées de la région méditerranéenne. Malheureusement, jusqu'à maintenant il n'a été fait aucun essai d'infection dans le but d'étudier la biologie de cette espèce; l'expérimentation montrerait très certainement que *Uromyces Anthyllidis* doit être divisé en un certain nombre d'espèces distinctes. Jusqu'ici, nous ne possédons en effet que les recherches expérimentales de Jordi (*Centralbl. für Bakteriologie*, etc. Abt. II, B. XI, 1904, p. 793), qui démontrent que le parasite de *Anthyllis vulneraria* n'infecte que cette plante et pas *Lupinus*, *Ononis repens* et *spinosa*, *Trigonella Fœnum græcum* et *Anthyllis montana*. Il serait grandement à désirer que les mycologues de la région méditerranéenne étudient cette question qui donnerait certainement des résultats fort intéressants.

En l'absence de recherches expérimentales, nous sommes obligés de nous en tenir à l'étude purement morphologique. Or, il découle de cette étude que *Uromyces Hippocrepidis* diffère notablement de l'*Uromyces Anthyllidis* type qui se développe sur *Anthyllis vulneraria*.

En effet, chez *Hippocrepis*, les amas d'urédos ne sont jamais arrangés en cercles concentriques autour d'un amas qui fait centre; ils sont irrégulièrement disposés sur les feuilles et pas ou très exceptionnellement confluent. Les urédos sont aussi plus petits et leur coloration brune ou d'un jaune-brun est différente de celle de *Ur. Anthyllidis* où ils sont cannelle ou chocolat. Le nombre des pores germinatifs est le même pour les urédospores des deux espèces, ainsi que l'épaisseur de la membrane. Par contre, alors que la membrane de *Ur. Anthyllidis* est franchement et lâchement épineuse, celle de *Ur. Hippocrepidis* est verruqueuse, à verrues denses et petites. Les téléutospores sont très sensiblement de même forme et de mêmes dimensions pour les deux espèces. Alors que le pore germinatif de *Ur. Anthyllidis* est surmonté d'une papille hyaline très nette, notre espèce n'en possède pas, même une simple ébauche. En plus, la membrane des téléutospores de *Ur. Anthyllidis* est verruqueuse, à verrues grosses, proémi-



mentes et assez espacées les unes des autres. *Ur. Hippocrepidis* au contraire, a une membrane très finement verruqueuse, et verrues denses qui ne sont guère visibles que dans les préparations à sec; il s'agit presque plus d'une simple ponctuation des téléutospores que de verrues.

Comme on le voit, notre parasite se distingue facilement de *Ur. Anthyllidis* type par toute une série de caractères morphologiques constants, aussi nous semble-t-il justifié de séparer de *Ur. Anthyllidis*, le parasite de *Hippocrepis comosa* du Valais.

*Ur. Hippocrepidis* diffère des autres espèces sur les Papilionacées, soit par le nombre des pores germinatifs des urédospores, soit par les verrues petites et denses de la membrane. En outre, le manque de papille sur le pore germinatif des téléutospores, ainsi que les verrues à peine visibles de la membrane, réparties également sur la surface des spores et non disposées en lignes, en stries ou en crêtes, distingue facilement notre espèce de celles qui sont les plus voisines.

En 1914, j'ai récolté dans le Valais, près de Stalden, un *Uromyces*, sur *Trigonella monspeliaca* L., que j'ai estimé devoir être détaché de l'espèce globale *Ur. Anthyllidis* (*Bulletin de la Murithienne*, fasc. XXXIX, 1916, p. 206-211). Or cet *Ur. Trigonellae* Pass. est infiniment plus voisin de *Ur. Hippocrepidis* que ne l'est l'*Ur. Anthyllidis* type. Ces deux espèces cependant ne sont pas non plus assimilables, car elles présentent un certain nombre de caractères morphologiques qui les différencient aisément.

Les urédospores de *Ur. Trigonellae* ont seulement quatre pores germinatifs équatoriaux et symétriquement disposés par paires, alors que *Ur. Hippocrepidis* en possède de six à huit régulièrement disposés. En outre, la membrane de *Ur. Trigonellae* est très sensiblement plus mince et à verrues beaucoup plus petites et moins denses. Les téléutospores des deux espèces sont assez semblables, cependant celles de *Ur. Hippocrepidis* sont généralement un peu plus grandes; chez les deux, le pore germinatif n'est pas surmonté d'une papille papilleuse. Alors que la membrane de *Ur. Trigonellae* est verruqueuse, à verrues nombreuses et denses, mais petites, nous avons de voir que la membrane des téléutospores de *Ur. Hippocrepidis* est plutôt ponctuée que vraiment verruqueuse, que la verrucosité ne se distingue pas au premier coup d'œil, et que ce n'est guère qu'à sec qu'on peut la mettre quelque peu nettement en évidence et encore faut-il bien observer.

La diagnose latine de *Uromyces Hippocrepidis* spec. nov. est la suivante :



*Soris uredosporiferis amphigenis, plerumque hypophyllis, minutis, plus minusve rotundatis, brunneis vel flavo-brunneis, sparsis, vix 1 mm. diam., pulverulentis, mox nudis et epidermide cinctis; soris sæpe petiolicolis, plus minusve oblongis, 1-2 mm. longis et  $\frac{1}{2}$  mm. latis, conformibus. Uredosporis globosis, 21 — 26  $\mu$  diam., ovoïdeis vel ovatis, 23 — 30  $\times$  17 — 21  $\mu$ , pallide flavo-brunneolis; poris germinationis 6-8 papillula hyalina minima præditis; membrana 3  $\mu$  crassa, minute dense que verrucosa.*

*Soris teleutosporiferis hypophyllis vel petiolicolis, paucis, obscurioribus, atro-brunneis, conformibus. Teleutosporis globosis, 18 — 21  $\mu$  diam., ovoïdeis vel ovatis, 23 — 26  $\times$  15 — 20  $\mu$ , brunneis, utrinque rotundatis; poro germinativo apicali, sine papillula; membrana 3  $\mu$  crassa, dense minutissimeque vix visibiliter punctato-verruculosa; pedicello hyalino, deciduo, brevi raro usque 12  $\mu$  longo, 7 — 9  $\mu$  lato.*

*Hab. in foliis vivis et petiolis Hippocrepidis comosae L.*

*Ur. Anthyllidis* est mentionné à Madère, au Maroc, au Portugal et en Tunisie sur *Hippocrepis ciliata*, *H. multisiliquosa* et *H. unisiliquosa*. Il serait fort intéressant de pouvoir comparer ces parasites avec celui de *Hippocrepis comosa* afin de voir si l'on ne se trouve pas en présence de la même espèce. N'ayant pas eu en mains les matériaux nécessaires, il ne m'est pas possible de tirer une conclusion certaine. A première vue il semble que l'*Uromyces* de ces divers *Hippocrepis* doit se rapporter à la même espèce, cependant il n'est pas possible de l'affirmer sans une étude approfondie de cette question. Ce qui me ferait croire qu'il doit en être ainsi, c'est que cet automne, j'ai reçu de M. le Dr R. Gonzalez Fragoso, de Madrid des échantillons de *Hippocrepis comosa*, attaqués par des urédos que le savant mycologue espagnol rapporte à *Ur. Anthyllidis*, f. e. Jordi. Ce parasite a été récolté dans les Asturies à Atalá (Oviedo), en août 1920, par le Père Luis M. Unamuno.

Il résulte de l'examen que j'ai fait de ces matériaux provenant d'Espagne, que les urédos sont absolument identiques à ceux que j'ai eu l'occasion de récolter dans le Valais près de Brigue. Je n'ai malheureusement pas vu d'amas de téléutospores qui auraient permis de confirmer encore la similitude parfaite des deux parasites. En présence d'urédos absolument semblables et ne différant par aucun caractère aussi petit soit-il, je me crois autorisé à pouvoir affirmer que l'*Uromyces* de *Hippocrepis comosa* récolté en Espagne est identique à celui recueilli près de Brigue et que tous les deux appartiennent à *Uromyces Hippocrepidis* spec. nov.



# Quelques remarques à propos des équations différentielles linéaires et des équations intégrales

PAR

GUSTAVE JUVET, chargé de cours à l'Université

---

Nous nous proposons dans cette note, d'étudier quelques propriétés des équations différentielles linéaires, relatives au problème bilocal, c'est-à-dire aux solutions définies par des conditions en deux points, et non pas en un seul comme dans le problème de Cauchy. Nous modifierons quelque peu la définition de la fonction de Green, telle que Bôcher l'a donnée pour une équation d'ordre quelconque<sup>1</sup>.

Nous en donnerons quelques propriétés que nous rattacherons à la théorie des équations intégrales, et nous retrouverons l'équation fonctionnelle de la résolvante de Fredholm<sup>2</sup>.

Dans un deuxième paragraphe, nous verrons les transformations que nos définitions subissent quand on change de variable indépendante.

§ 1. M. Hilbert, dans ses « Grundzüge »<sup>3</sup> étudie les équations linéaires du second ordre et leurs solutions, déterminées par des conditions en deux points  $a$  et  $b$ . Etant donnée une équation linéaire identique à son adjointe<sup>4</sup>:

$$L(y) \equiv \frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{dy}{dx} \right) + q(x)y = 0$$

on se propose de trouver une solution qui prenne en  $a$  et  $b$  des valeurs données, ou dont la dérivée prenne en  $a$  et  $b$  des valeurs assignées, ou encore qui satisfasse à telles conditions linéaires en  $y$  et  $y'$ , en ces deux points  $a$  et  $b$ .

<sup>1</sup> En vérité, nous prendrons celle que M. Hilbert a donnée pour  $n = 2$ . (Vide infra.)

<sup>2</sup> V. *Acta Mathematica*, t. 27.

<sup>3</sup> « Grundzüge einer allgemeinen Theorie der linearen Integralgleichungen ». Teubner 1912.

<sup>4</sup> Sturm, Liouville et M. Picard avaient déjà obtenu d'importants résultats sur cette question.

M. Hilbert forme une fonction  $G$  de deux variables  $x$  et  $s$ , telle que  $G(x, s)$  considérée comme fonction de  $x$ , satisfasse à l'équation différentielle, qu'elle soit continue en  $x$  et en  $s$ , et que sa dérivée par rapport à  $x$  présente au point  $s$  une discontinuité définie par la relation :

$$\lim_{\varepsilon=0} \left[ \frac{\partial G(x, s)}{\partial x} \right]_{x=s+\varepsilon} - \lim_{\varepsilon=0} \left[ \frac{\partial G(x, s)}{\partial x} \right]_{x=s-\varepsilon} = - \frac{1}{p(s)}$$

De plus  $G(x, s)$  satisfait aux conditions aux limites indiquées. Cela étant, M. Hilbert a déduit une série de conséquences relatives aux solutions des équations :

$$\begin{aligned} \Lambda(y) &\equiv L(y) + \lambda y = 0 \\ L(y) &= r(x) \end{aligned}$$

définies par des conditions en  $a$  et en  $b$ . Le savant géomètre de Göttingue démontre l'équivalence des problèmes proposés à la résolution de l'équation intégrale :

$$y(x) = \lambda \int_a^b G(x, s) y(s) ds$$

et à la formule :

$$y(x) = -\lambda \int_a^b G(x, s) r(s) ds$$

Si, de plus, on considère le noyau  $G(x, s)$  symétrique<sup>1</sup> et que l'on forme sa *résolvante* pour l'intervalle  $(a, b)$ , soit  $\Gamma(x, s; \lambda)$ , on démontre que cette résolvante s'obtient à partir de  $\Lambda(y)$ , comme  $G(x, s)$  à partir de  $L(y)$ . On sait que cette résolvante satisfait à l'équation fonctionnelle :

$$\Gamma(x, s; \lambda) - G(x, s) = \lambda \int_a^b G(x, t) \Gamma(t, s; \lambda) dt \quad (A)$$

C'est cette propriété que nous allons généraliser pour une équation différentielle linéaire d'ordre  $n$ .

Bôcher, dans un cours fait en Sorbonne en 1913-1914<sup>2</sup>, avait déjà étendu quelques-unes des propriétés trouvées par M. Hilbert pour  $n=2$ , nous allons les reprendre pour les étendre à la généralisation de (A). Il nous sera nécessaire de modifier quelque peu la définition que Bôcher donne pour la fonction de Green.

<sup>1</sup> *Loc. cit.*, p. 45.

<sup>2</sup> Leçons sur les Méthodes de Sturm. Collection Borel. Gauthier-Villars, 1917.



Soit :

$$L(u) \equiv l_n \frac{d^n u}{dx^n} + l_{n-1} \frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}} + \dots + l_0 u = 0$$

où les  $l_i$  sont des fonctions de  $x$ , continues sur  $(a, b)$ , extrémités comprises, une équation linéaire d'ordre  $n$ , son adjointe est :

$$M(v) \equiv (-1)^n \frac{d^n (l_n v)}{dx^n} + (-1)^{n-1} \frac{d^{n-1} (l_{n-1} v)}{dx^{n-1}} + \dots + l_0 v = 0$$

Lagrange a démontré l'identité :

$$v L(u) - u M(v) = \frac{d}{dx} P(u, v)$$

où  $P(u, v)$  est l'expression suivante bilinéaire en  $u, u', \dots, u^{(n-1)}$ ;  $v, v', \dots, v^{(n-1)}$  :

$$P(u, v) = u \left[ l_1 v - \frac{d(l_2 v)}{dx} + \dots + (-1)^{n-1} \frac{d^{n-1} (l_n v)}{dx^{n-1}} \right] - u' \left[ l_2 v - \frac{d(l_3 v)}{dx} + \dots + (-1)^{n-2} \frac{d^{n-2} (l_n v)}{dx^{n-2}} \right] + \dots + u^{(n-1)} l_n v$$

on en déduit la formule :

$$\int_a^b [v L(u) - u M(v)] dx = [P(u, v)]_a^b$$

que l'on appelle *formule de Green*, bien qu'elle ait été déjà donnée par Lagrange ; mais elle est l'analogue et, en quelque manière, l'extension d'une des célèbres formules qui interviennent dans la théorie des équations aux dérivées partielles qui portent le nom du géomètre anglais.

Si l'on s'arrange pour que

$$P(u, v)_{x=b} - P(u, v)_{x=a} = 0$$

l'expression  $[P(u, v)]_a^b$  représente la somme des sauts, changée de signe, de la fonction  $P(u, v)$  de  $x$  dans l'intervalle  $(a, b)$ . Remarquons que l'on peut, d'une infinité de manières, écrire

$$P(u, v)_{x=b} - P(u, v)_{x=a} = U_1 V_1 + U_2 V_2 + \dots + U_{2n} V_{2n}$$

les  $U_1, \dots, U_{2n}$  d'une part, les  $V_1, \dots, V_{2n}$  d'autre part, sont respectivement des fonctions linéaires, indépen-

dantes entre elles, des quantités :  $u(a)$ ,  $u(b)$ ,  $u'(a)$ ,  $u'(b)$ , ...  $u^{(n-1)}(a)$ ,  $u^{(n-1)}(b)$ ; et  $v(a)$ ,  $v(b)$ ,  $v'(a)$ ,  $v'(b)$ , ...  $v^{(n-1)}(a)$ ,  $v^{(n-1)}(b)$ .

Lorsque nous nous proposerons la résolution d'un problème bilocal, nous nous arrangerons toujours pour que la donnée soit telle, que les conditions aux limites s'expriment pour  $L(u)=0$ , par les relations :

$$U_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, 2n)$$

et pour  $M(v)=0$ , par les conditions :

$$V_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, 2n)$$

Nous dirons que celles-ci sont les *adjointes* de celles-là.

Définissons une fonction  $G(x, y)$  satisfaisant en  $x$  à l'équation  $L(u)=0$ , continue ainsi que ses dérivées jusqu'à la  $(n-1)^{\text{ième}}$  non comprise, celle-ci ayant un saut défini par<sup>1</sup>:

$$\lim_{\varepsilon=0} \left[ \frac{\partial^{n-1} G(x, y)}{\partial x^{n-1}} \right]_{x=y+\varepsilon} - \lim_{\varepsilon=0} \left[ \frac{\partial^{n-1} G(x, y)}{\partial x^{n-1}} \right]_{x=y-\varepsilon} = - \frac{1}{l_n(y)}$$

de plus  $G(x, y)$  satisfera à des conditions pour  $x=a$  et  $x=b$ , qui soient telles que :

$$P(G, v)_{x=b} - P(G, v)_{x=a} = 0$$

quelle que soit la fonction bornée  $v(x)$  <sup>(2)</sup>.

Nous définirons de même une fonction  $H(x, z)$ , solution de  $M(v)=0$  continue ainsi que ses dérivées jusqu'à la  $(n-1)^{\text{ième}}$  non comprise, celle-ci présentant le saut :

$$\lim_{\varepsilon=0} \left[ \frac{\partial^{n-1} H(x, z)}{\partial x^{n-1}} \right]_{x=z+\varepsilon} - \lim_{\varepsilon=0} \left[ \frac{\partial^{n-1} H(x, z)}{\partial x^{n-1}} \right]_{x=z-\varepsilon} = - \frac{(-1)^n}{l_n(z)}$$

Appliquons la formule de Green, en y faisant :

$$u = G(x, y); \quad v = H(x, z)$$

le premier membre est identiquement nul, le second est égal à la somme, changée de signe, des sauts de  $P(u, v)$ . Si l'on se reporte à la forme de  $P(u, v)$ , on voit que les seuls termes qui présentent des discontinuités sont :

<sup>1</sup> Comparer avec Bôcher (*loc. cit.*) et avec la définition rappelée plus haut.

<sup>2</sup> Ces conditions sont compatibles; voir Bôcher (*loc. cit.*), p. 101 et suiv.



et

$$\left[ G(x, y) (-1)^{n-1} l_n(x) H_{x^{n-1}}^{(n-1)}(x, z) \right]_{x=z}$$

$$\left[ G_{x^{n-1}}^{(n-1)}(x, y) l_n(x) H(x, z) \right]_{x=y}$$

on obtient ainsi l'égalité

$$0 = - \left[ (-1)^{n-1} l_n(z) G(z, y) \frac{(-1)^{n+1}}{l_n(z)} + l_n(y) H(y, z) \cdot \frac{-1}{l_n(y)} \right]$$

d'où :

$$G(z, y) = H(y, z)$$

Cela veut dire que :

*Etant donnée une équation différentielle linéaire  $L(u) = 0$  et certaines conditions aux limites pour l'intervalle  $(a, b)$ , il correspond une fonction de Green  $G(x, y)$ , qui, considérée comme fonction de  $y$  satisfait à l'équation adjointe  $M(y) = 0$  et aux conditions aux limites adjointes pour  $(a, b)$ .*

Si l'équation  $L = 0$  est identique à son adjointe,  $G(x, y)$  est symétrique.

Appliquons ensuite la formule de Green, comme M. Hilbert a fait pour  $n = 2$ , aux fonctions suivantes :

$$u = \Gamma(x, y; \lambda) \quad v = H(x, z)$$

$\Gamma$  satisfait, par définition, à l'équation  $L(u) + \lambda y = 0$  et aux mêmes conditions aux limites de l'intervalle  $(a, b)$ , que  $G(x, y)$ .

On a alors :

$$\lambda \int_a^b H(x, z) \Gamma(x, y; \lambda) dx = - \left[ (-1)^{n-1} l_n(z) \Gamma(z, y; \lambda) \frac{(-1)^{n+1}}{l_n(z)} + l_n(y) H(y, z) \cdot \frac{-1}{l_n(y)} \right]$$

et, puisque  $H(y, z) = G(z, y)$  :

$$\Gamma(z, y; \lambda) - G(z, y) = \lambda \int_a^b G(z, x) \Gamma(x, y; \lambda) dx \quad (A)$$

*Remarques :* 1. J'ai modifié la définition de Bôcher, en changeant le signe du saut. En la conservant je serais arrivé à la formule :

$$\Gamma(z, y; \lambda) - G(z, y) = - \lambda \int_a^b G(z, x) \Gamma(x, y; \lambda) dx$$

M. Hilbert obtient (A) malgré qu'il fit

$$v = F \quad \text{et} \quad u = G$$

parce qu'il considère des équations identiques à leur adjointe.

$$L(u) \equiv M(u)$$

Les définitions données semblent donc être celles qui établissent exactement la généralisation de la théorie de M. Hilbert. Les définitions que Bôcher a données, correspondent au changement de  $\lambda$  en  $-\lambda$  dans l'équation de Fredholm<sup>1</sup>.

On voit encore aisément que la fonction  $y$  qui satisfait à l'équation

$$L(y) + \lambda y = 0$$

et aux conditions aux limites qui ont défini  $G(x, s)$ , est donnée par la résolution de l'équation intégrale homogène<sup>2</sup>:

$$y(s) - \lambda \int_a^b G(s, x) y(x) dx = 0$$

De même la solution du problème bilocal pour l'équation

$$L(y) = -r(x)$$

est donnée par la relation

$$y(x) = \int_a^b G(x, s) r(s) ds$$

C'est cette relation qui justifie le nom de fonction de Green donnée à  $G(x, s)$ , nom qui primitivement était réservé à certaines solutions des équations aux dérivées partielles du second ordre.

En prenant les définitions de Bôcher, on serait arrivé aux résultats suivants :

pour la solution de  $L(y) + \lambda y = 0$  :

$$y(s) + \lambda \int_a^b G(s, x) y(x) dx = 0$$

pour la solution de  $L(y) = -r(x)$  :

$$y(x) = - \int_a^b G(x, s) r(s) ds$$

<sup>1</sup> Cela est général. Comparez avec Lalesco : *Introduction à la théorie des équations intégrales*.

<sup>2</sup> On fait dans la formule de Green,  $u = y(x)$ , solution continue de  $L(y) + \lambda y = 0$ ,  $v = H(x, s)$ .



§ 2. On peut se demander quel sera l'effet d'un changement de variable indépendante sur la relation fondamentale (A). On sait par exemple que l'équation d'Euler :

$$x^n \frac{d^n y}{dx^n} + A_1 x^{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \dots + A_n y = 0$$

où les  $A_i$ , sont des constantes, se ramène à une équation à coefficients constants, en posant  $x = e^t$ ,  $t$  étant la nouvelle variable indépendante. Si l'on sait comment se transforme l'équation (A) relative à l'une de ces deux équations, quand on passe à l'autre, on aura ainsi la possibilité de trouver les fonctions de Green et leur résolvante pour toute une famille d'équations, sans qu'il soit nécessaire de faire des calculs — longs et fastidieux souvent — pour chacune d'elles.

Soit donc :

$$L(u) \equiv l_n \frac{d^n u}{dx^n} + l_{n-1} \frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}} + \dots + l_0 u = 0$$

une équation différentielle linéaire, et soient  $G(x, y)$  la fonction de Green relative à un problème bilocal pour l'intervalle  $(a, b)$ ,  $\Gamma(x, y; \lambda)$  sa résolvante.

Faisons le changement de variable  $x = f(s)$ ;  $L(u)$  se transforme en une expression  $L'(u)$  linéaire encore en  $u$  et ses dérivées dont je n'écrirai que le terme en  $\frac{d^n u}{dx^n}$

$$L'(u) \equiv \frac{l_n [f(s)]}{[f'(s)]^n} \cdot \frac{d^n u}{dx^n} + \dots$$

Faisons dans  $G(x, y)$  et dans  $\Gamma(x, y; \lambda)$  le changement de variables

$$x = f(s); \quad y = f(t)$$

posons :

$$G[f(s), f(t)] = G_1(s, t)$$

$$\Gamma[f(s), f(t); \lambda] = \Gamma_1(s, t; \lambda)$$

Si l'on fait ces changements dans l'équation de la résolvante (A), elle devient :

$$\Gamma_1(s, t; \lambda) - G_1(s, t) = \lambda \int_c^d G_1(s, u) \Gamma_1(u, t; \lambda) f'(u) du \quad (B)$$

avec  $a = f(c)$   $b = f(d)$ ; on voit bien que  $\Gamma_1$  et  $G_1$  ne sont pas des fonctions de Green de  $L'(u) + \lambda u$  et de  $L'(u)$ ; cela tient,

comme on va le voir à ce que l'on n'a pas pour les  $(n-1)^{\text{ièmes}}$  dérivées de ces fonctions les sauts convenables. En effet :

$$\frac{\partial^{n-1} G_1}{\partial s^{n-1}} = \frac{\partial^{n-1} G}{\partial x^{n-1}} \left( \frac{dx}{ds} \right)^{n-1} + \text{fonction continue}$$

ce qui montre que le saut pour  $s=t$  du premier membre est égal au saut du deuxième membre, en l'espèce au saut du premier terme, soit :

$$S_1 = \frac{-1}{l_n[f(t)]} \cdot [f'(t)]^{n-1}$$

Or, d'après l'expression de  $L'(u)$ , le saut pour la fonction de Green correspondante  $G'$  doit être :

$$S' = - \frac{1}{l_n[f(t)]} \cdot [f'(t)]^n$$

c'est-à-dire :

$$S' = S_1 f'(t)$$

Multiplions les deux membres de (B) par  $f'(t)$ , on trouve :

$$f'(t) I_1(s, t; \lambda) - f'(t) G_1(s, t) = \lambda \int_c^d G_1(s, u) f'(u) I_1(u, t; \lambda) f'(t) du$$

et si l'on pose :

$$f'(t) I_1(s, t; \lambda) = I_2(s, t; \lambda)$$

$$f'(t) G_1(s, t) = G_2(s, t)$$

on voit que :

$$I_2(s, t; \lambda) - G_2(s, t) = \lambda \int_c^d G_2(s, u) I_2(u, t; \lambda) du$$

c'est-à-dire que  $I_2$  est bien la résolvante de  $G_2$  pour l'intervalle  $(c, d)$ ; mais le saut de  $I_2^{(n-1)}$  et de  $G_2^{(n-1)}$  est égal à  $S'$ ; de plus  $I_2$  et  $G_2$  considérées comme fonctions de  $s$ , satisfont respectivement à  $L'(u) + \lambda u = 0$  et  $L'(u) = 0$ , et aux conditions aux limites transformées par le changement de variables; donc :

$$G_2 \equiv G'$$

$$I_2 \equiv I'$$

On peut donc conclure ce paragraphe par le :

*Théorème : Si l'on effectue un changement de variable indépendante sur une équation différentielle linéaire  $L(u) = 0$*



par la relation  $x=f(s)$ , on obtiendra la fonction de Green relative à l'équation transformée et à l'intervalle correspondant, en effectuant sur les deux variables  $x$  et  $y$ , de la fonction de Green de  $L(u)$ , les substitutions

$$x=f(s) \qquad y=f(t)$$

et en multipliant le résultat obtenu par  $f'(t)$ .

*Remarque :* On se rend compte facilement que  $G'(t, s)$  considérée comme fonction de  $s$  est la fonction de Green de l'adjointe  $M'(v)$  de  $L'(u)$ ; mais nos calculs et une brève réflexion montrent que  $M'(v)$  n'est pas la transformée de  $M(v)$  par  $x=f(t)$ . On peut dire que, en général, la transformée de l'adjointe n'est pas identique à l'adjointe de la transformée.

Nous nous proposons de revenir ultérieurement sur ces questions en les généralisant, pour les appliquer à certaines équations intégrales singulières.



# Contribution à l'étude du Zooplancton

## DU LAC DE NEUCHÂTEL

PAR

HENRI ROBERT, licencié ès sciences

---

*Travail du laboratoire de zoologie de l'Université de Neuchâtel*

---

### INTRODUCTION

L'étude du Plancton des lacs suisses est relativement avancée. De nombreux chercheurs ont étudié, au cours de ces dernières années, la vie pélagique de nos grands lacs. Citons BURCKHARDT, AMBERG, BACHMANN pour le lac des Quatre-Cantons, HEUSCHER, SCHRÖTER, LOZERON pour le lac de Zurich, FOREL, YUNG, CHODAT, BAUDIN pour le Léman, LINDER pour le lac de Bret, etc.

Le plancton du lac de Neuchâtel a fait l'objet d'une étude de M. le professeur FUHRMANN, qui a dressé la liste des organismes pélagiques, reconnu les variations quantitatives annuelles, et donné l'explication des phénomènes de migration verticale journalière. Après avoir publié son travail, M. FUHRMANN fit chaque année une série de pêches qui restèrent inétudiées faute de temps. En mai 1919, M. FUHRMANN me proposa d'étudier le plancton du lac de Neuchâtel, et mit à ma disposition le très abondant matériel qu'il avait recueilli. A ce moment même venait de paraître un travail d'un étudiant du laboratoire de zoologie, M. A. MONARD, sur la *Faune profonde du lac de Neuchâtel*, aussi je n'hésitai pas à entreprendre l'étude que l'on me proposait, contribuant ainsi à la connaissance déjà avancée de ce lac.



Parmi le matériel dont je disposais, j'ai fait un choix qui a porté sur les années où les pêches étaient les plus abondantes, c'est-à-dire les années 1900, 1906, 1916 et 1917. Les pêches des autres années n'ont pas été complètement mises de côté, et m'ont fourni des résultats intéressants pour l'étude de telle question spéciale. Mes propres pêches ont porté sur les années 1919 et 1920 (mai 1919 à juillet 1920), et sont réparties en 34 expéditions représentant un total de 293 pêches. Toutes ont été effectuées à bord du *Leptodora*, le canot-moteur du laboratoire de zoologie. Le nombre total de pêches étudiées (y compris le matériel ancien) s'élève à 425.

Les mesures de température ont été faites au moyen du thermomètre à renversement de NEGRETTI et ZAMBRA.

Qu'il me soit permis de dire ici à M. le prof. FUHRMANN toute ma reconnaissance pour l'intérêt qu'il n'a cessé de porter à mes études, pour l'amabilité avec laquelle il m'a mis au courant de la littérature spéciale à ce sujet, pour la peine qu'il a prise en m'accompagnant maintes fois sur le lac, et pour tous les conseils si précieux qu'il n'a cessé de me prodiguer.

Mes remerciements sont aussi acquis aux nombreux amis qui m'ont accompagné de jour ou de nuit sur le lac, et dont l'aide m'a été très précieuse.

## I. LE LAC

---

### CHAPITRE PREMIER

#### Résumé géographique, géologique et hydrographique.

Une étude détaillée du lac a été faite par MONARD dans la première partie de son travail. Il en a donné la description géographique, rappelé l'origine et l'histoire, et étudié le régime hydrographique, aussi ne voulons-nous pas répéter ici ce qui a été dit ailleurs. Nous nous contenterons de résumer très brièvement les principales caractéristiques du lac, pour nous étendre davantage sur la thermique et la transparence que nous avons étudiées avec soin.

*Géographie.* — Le lac a la forme d'un rectangle, dont les dimensions maximales sont 38 km. de longueur et 8<sup>km</sup>,2 de largeur. La superficie est de 215<sup>km</sup><sup>2</sup>,9, le pourtour de 88 km. Le long de la rive sud-est s'étend une beine très large (1<sup>km</sup>,5 avant la Correction des eaux du Jura). La profondeur du lac y est très faible : 4 m. en moyenne. D'abruptes falaises creusées dans la molasse dominant en partie cette rive. Le lac est divisé en deux bassins par une colline immergée, la « Motte », qui s'étend de Bevaix à la Pointe de l'Areuse, et dont le sommet ne se trouve qu'à 8 m. de la surface. Les deux vallées parallèles (de la Thièle et de la Mentue) dont le lac est formé sont séparées par la « Motte », et se rejoignent au large de Serrières. La profondeur maximale du lac (entre Bevaix et Cortaillod) est de 153 m.

Le niveau le plus élevé depuis 1888 a été de 434<sup>m</sup>,24 le 15 juillet 1910, et le plus bas de 431<sup>m</sup>,47 le 1<sup>er</sup> mars 1891 (DU PASQUIER et DE PERROT). Les principaux affluents sont le Seyon, la Serrières, l'Areuse, la Thièle, la Mentue et la Broye. L'émissaire est la Thièle.

*Géologie.* — Comme nous l'avons dit, la rive sud-est est creusée dans la molasse. La rive nord-ouest appartient à l'aquitainien et à l'urgonien. Les rives sud-ouest et nord-est sont limitées par des plaines d'origine récente. L'origine du



lac a été fort discutée. Deux opinions se sont trouvées en présence, celle de HEIM et SCHARDT (1897-1898) qui conclut à une origine fluviale pré-glaciaire (le lac étant dû à un affaissement ayant suivi l'avancement de la nappe des Pré-alpes sur le Plateau suisse), et celle de PENCK et BRÜCKNER aboutissant à l'origine glaciaire du lac. M. le Dr A. MONARD a cherché récemment à établir l'exactitude de cette théorie. (Voir Bibliographie.) A notre tour, nous admettons l'origine glaciaire du lac de Neuchâtel.

*Hydrographie.* — Depuis la correction des eaux du Jura, les variations des niveaux des lacs de Morat, Bienne et Neuchâtel sont en relation plus directe les unes avec les autres. L'affluent principal, c'est-à-dire l'Aar, qui se jette dans le lac de Bienne, provoque un exhaussement du niveau de ce lac, qui a parfois pour conséquence de faire refluer les eaux du lac de Bienne dans celles du lac de Neuchâtel, par l'intermédiaire de la Thièle. Le niveau du lac est donc sujet à de brusques variations.

*Teneur en oxygène.* — THIENEMANN, qui a étudié avec soin les lacs quant à leur teneur en oxygène, est amené à distinguer les divers types suivants :

I. Ce premier type est caractérisé de la façon suivante : Sprungschicht<sup>1</sup> présente, mais sans influence sur la quantité d'O. La diminution d'O. de la surface au fond ne s'accélère pas dans le métalimnium. La courbe des températures et celle de l'O. dissout n'ont pas de relation.

II. Les caractéristiques du deuxième type sont :

*Epilimnium* (ou zone au-dessus de la sprungschicht) riche en O.

*Métalimnium* (ou sprungschicht) présente une soudaine chute d'O.

*Hypolimnium* (ou zone au-dessous de la sprungschicht) pauvre ou pas d'O.

La courbe de l'O. diminue dans le métalimnium parallèlement à celle de la température.

III. Il est ainsi caractérisé : Au printemps et au commencement de l'été (début de la stratification), les conditions thermiques sont soudainement troublées par les vents, si bien

<sup>1</sup> Nous emploierons ici le terme de « sprungschicht », synonyme de « barre thermique », de « couche de saut thermique » et de « thermocline », parce qu'il exprime mieux le phénomène en question.

qu'en été la température et le contenu gazeux sont égaux dans toute la masse de l'eau. (Lacs peu profonds ou à écoulement par le fond.)

THIENEMANN, dans son étude, ne parle pas du lac de Neuchâtel, mais il cite le lac de Genève comme exemple du premier type. Le lac de Neuchâtel doit aussi être rangé dans cette catégorie.

Au type I appartiennent deux groupes. Le premier est formé des lacs riches en O. pendant la période de stratification (été). Ces lacs peuvent contenir encore, en profondeur, une quantité d'O. égale au 70 % du point de saturation. En surface, l'O. dissout atteint 95 % du degré de saturation.

Le second groupe est formé des lacs où l'on observe une diminution régulière de l'O. de la surface au fond, mais sans que la *sprungschicht* exerce une influence sur cette diminution (de 98 % à 28 % dans le lac de Schaal).

On pourrait penser *a priori* que la quantité d'O. dissout dans notre lac subit aussi une diminution régulière de la surface au fond. Nous avons mesuré la quantité d'O. dissout dans l'eau aux diverses profondeurs les 29 juin et 11 octobre 1920.

Les résultats obtenus furent les suivants : (Nombre de cm<sup>3</sup> d'O. dissout dans 1 litre d'eau. Méthode de WINCKLER. Nous devons ces chiffres à l'obligeance de M. Jeanprêtre, chimiste cantonal, que nous remercions ici.)

| 29 juin 1920                                       |                 | 11 octobre 1920 |                 |
|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                    | cm <sup>3</sup> |                 | cm <sup>3</sup> |
| 5 m. . . . .                                       | 7,62            | 1 m. . . . .    | 6,57            |
| 12 <sup>m</sup> ,50 (d <sup>s</sup> Sprungschicht) | 7,34            | 10 m. . . . .   | 6,65            |
| 20 m. . . . .                                      | 7,1             | 25 m. . . . .   | 6,14            |
| 30 m. . . . .                                      | 7,2             | 50 m. . . . .   | 6,05            |
| 50 m. . . . .                                      | 7,51            | 80 m. . . . .   | 6,1             |
| 70 m. (fond). . . . .                              | 7,34            |                 |                 |

Nous constatons donc que la quantité d'O. dissout ne varie que fort peu d'une couche à l'autre, et de la surface au fond. Les animaux planctoniques ne trouvent donc pas des conditions défavorables en profondeur quant à la teneur en O. Les couches profondes sont habitées en été comme en hiver, quoi qu'en dise BAUDIN. Ce dernier s'exprime ainsi sur ce sujet : « La facilité des échanges gazeux est bien diminuée (en été), l'acide carbonique va s'accumuler dans la profondeur, et l'O. ne pourra plus descendre. »



BAUDIN paraît ignorer les chiffres donnés par FOREL quant à la teneur en O. du Léman. Voici, d'après FOREL, les résultats obtenus, le 30 novembre 1880, devant Ouchy : (L'analyse a été faite par le Dr J. WALTER.)

|                | Temp. C° | O<br>cm <sup>3</sup> |
|----------------|----------|----------------------|
| 0 m. . . . .   | 9,1      | 6,85                 |
| 60 m. . . . .  | 7,7      | 7,46                 |
| 100 m. . . . . | 5,5      | 6,78                 |
| 150 m. . . . . | 4,9      | 6,98                 |
| 200 m. . . . . | 4,8      | 7,62                 |
| 300 m. . . . . | 4,6      | 7,08                 |

FOREL, commentant ces résultats, dit ceci : « L'eau des profondeurs du Léman contient les mêmes gaz que l'eau de surface ; c'est de l'eau *aérée*. »

L'opinion de BAUDIN ne repose donc sur aucune base sérieuse. C'est une assertion purement gratuite.

Il est intéressant de rapprocher ces chiffres de ceux obtenus par BEHRENS pour le lac Sakrow (lac-étang de l'Allemagne du nord). Voici quelques résultats de cet auteur :

| Profondeur          | 17 décembre 1910 | 31 décembre 1910 | 4 mars 1911     | 11 juin 1911    | 12 août 1911    |
|---------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                     | cm <sup>3</sup>  | cm <sup>3</sup>  | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> |
| 0 m.                | —                | 6,56             | —               | 18,25           | 24,00           |
| 1 m.                | —                | —                | —               | —               | 23,89           |
| 2 m.                | —                | —                | —               | —               | 23,89           |
| 3 <sup>m</sup> ,50  | —                | —                | —               | 17,10           | 21,92           |
| 4 m.                | —                | —                | —               | —               | 20,70           |
| 5 m.                | 3,89             | —                | 7,11            | 16,44           | 17,08           |
| 6 m.                | —                | —                | —               | 12,13           | 12,97           |
| 7 m.                | —                | —                | —               | 8,59            | 9,94            |
| 8 m.                | —                | —                | —               | —               | 7,07            |
| 9 m.                | —                | —                | —               | —               | 6,33            |
| 10 m.               | —                | 6,58             | 7,37            | —               | 6,03            |
| 15 m.               | —                | 6,80             | —               | 5,40            | 5,54            |
| 20 m.               | 3,92             | 6,28             | 7,32            | 5,03            | 5,09            |
| 25 m.               | 3,75             | 6,28             | —               | —               | —               |
| 30 m.               | 3,86             | 6,26             | 7,41            | 4,81            | 4,87            |
| 32 <sup>m</sup> ,50 | 2,68             | —                | —               | —               | 4,85            |
| 34 <sup>m</sup> ,50 | —                | —                | 7,32            | —               | —               |

Les quantités d'O. dissout varient donc considérablement d'une saison à l'autre, et même d'une semaine à l'autre dans le lac Sakrow (profondeur 36 m.). Comme tous les lacs de

l'Allemagne du nord, il est d'une richesse extraordinaire en phytoplancton. Les conditions biologiques d'existence y sont totalement différentes de celles de nos grands lacs suisses, beaucoup plus profonds, et moins riches en phytoplancton.

Ce qui est intéressant à considérer dans le lac Sakrow, c'est la relation existant entre les différentes zones et la population planctonique qui les habite. D'une façon générale, en été, l'épilimnium contient beaucoup d'O., le métalimnium, pas ou très peu, et l'hypolimnium peu dans sa partie supérieure et pas du tout près du sol (azoicum).

En hiver, grâce aux courants de convection, l'O. est réparti uniformément dans toute la masse (31 décembre 1910), et toutes les couches sont habitées. Au printemps, alors que s'établit la stratification, l'O. dissout est plus abondant dans les couches superficielles, et sa quantité va croissant au cours de l'été (11 juin et 12 août 1911). Il arrive alors que l'épilimnium soit 7 fois plus peuplé que l'hypolimnium. A mesure que la *sprungschicht* descend dans les couches plus profondes, l'hypolimnium se resserre de plus en plus. Au milieu d'août apparaît l'azoicum, c'est-à-dire une zone, voisine du fond, complètement dépeuplée. Cette zone, d'abord relativement mince (30-36 m. fond), s'épaissit de plus en plus pour atteindre, au milieu de novembre, la couche de 23-36 m. fond. Au milieu de décembre, les couches profondes sont de nouveau habitées grâce aux courants de convection qui répartissent également l'O. dans toute la masse. En moyenne, l'épilimnium est 2-3 fois plus peuplé que la zone habitable de l'hypolimnium.

Nous répétons que de semblables conditions ne se réalisent pas dans nos grands lacs où la quantité d'O. ne varie pour ainsi dire pas de la surface au fond, et permet aux animaux planctoniques d'habiter aussi bien les couches profondes que les couches moyennes ou superficielles.

---

## CHAPITRE II

### Thermique.

Nous avons voué un soin tout particulier à l'étude de la thermique du lac. Nos observations ont porté autant que possible sur tous les mois de l'année. Malheureusement, le temps



très défavorable de décembre 1919 et de février 1920 nous a empêché de faire nos mesures de température pendant ces deux mois. Nous disposons de certaines données, recueillies en 1916, 1917 et 1918 par M. FUHRMANN, et que nous résumons dans le tableau n° 1. Les chiffres représentent les degrés C°. (La couche de saut thermique est indiquée par une barre verticale renforcée.) Nos propres observations sont résumées dans le tableau n° 2.

Il peut être intéressant de dresser la courbe annuelle de température pour une profondeur déterminée. C'est ce que nous avons fait dans la Planche n° I, qui donne les variations annuelles de température pour les profondeurs suivantes : 0 m., 10 m., 30 m., 70 m.

Comme on le voit, les changements de température affectent surtout la surface dont la température varie selon l'heure et l'état du temps. Un refroidissement de l'atmosphère cause immédiatement une chute de température à la surface du lac, mais seule la couche superficielle (0-20 cm.) est influencée. Les couches situées plus bas exigent plus de temps pour varier leur température. La courbe de 10 m. montre qu'à cette profondeur les variations annuelles de température sont encore très marquées. Les différences s'atténuent pour la couche de 30 m., et elles disparaissent presque à 70 m., où la courbe est relativement uniforme. A cette profondeur, la température ne change presque pas durant toute l'année et se maintient entre 5° et 7°.

Nous étudierons successivement le régime des eaux d'hiver et celui des eaux d'été.

a) *Régime des eaux d'hiver.* — Le brassage, qui se fait à la fin de l'automne et qui substitue aux eaux chaudes superficielles les eaux froides de la profondeur, amène une remarquable uniformité de température dans toutes les couches du lac. A cet égard, les mesures faites le 16 janvier 1920 sont très suggestives. La température est uniforme : 5,75 C° de la surface jusqu'à 50 m. ; à 70 m., le thermomètre marque 5°,5. De même, le 27 novembre 1919, les couches de 0-30 m. présentent une température de 7°,25, qui s'abaisse à 7° à 40 m. et à 6°,5 à 90 m. Le 28 février 1918, toutes les couches étudiées indiquaient 4°. Y a-t-il un rapport constant entre cette remarquable uniformité de température et la répartition verticale du plancton ? BAUDIN admet, d'après ses observations, qu'à part un léger maximum près de la surface, la densité et la population est régulièrement répartie dans toute la

masse ; la barre thermique n'existant plus, les organismes morts tombent jusqu'au fond et y forment un 2° maximum. Nos propres observations confirment ce qui précède. Voici, en cm<sup>3</sup>, les volumes de plancton récolté dans deux pêches faites en hiver avec le filet NANSEN n° 12 :

|                    | 1 <sup>er</sup> déc. 1919 | 3 mars 1920 |
|--------------------|---------------------------|-------------|
| 0 — 10 m. . . . .  | 0,8                       | 1,7         |
| 10 — 20 m. . . . . | 0,6                       | 1,2         |
| 20 — 30 m. . . . . | 0,9                       | 0,8         |
| 30 — 40 m. . . . . | 1                         | 1           |
| 40 — 50 m. . . . . | 0,6                       | 1           |
| 50 — 60 m. . . . . | 0,5                       | 0,85        |
| 60 — 80 m. . . . . | 2,1                       | 1,8         |

Les différences sont peu sensibles d'une couche à l'autre. Les conditions biologiques d'existence varient peu de la surface au fond. Le léger maximum de la surface est constant durant toute l'année et est dû au fait que plusieurs des espèces qui s'y rencontrent y vivent de préférence (Rotateurs spécialement). L'augmentation constatée près du fond est due au fait que ce dernier joue le rôle de barrière, en arrêtant la pluie des organismes séniles ou morts qui tombent très lentement dans les couches profondes.

Le phytoplancton qui forme la nourriture principale du zooplancton sera-t-il en hiver réparti uniformément dans toute la profondeur ? Il est difficile de se prononcer, d'une part parce que le phytoplancton est fort peu abondant, et, d'autre part, parce que le filet laisse échapper une bonne partie du nannoplancton dans lequel se trouvent beaucoup d'algues unicellulaires. Toutefois, nous inclinons à penser que la distribution du phytoplancton est plus régulière en hiver qu'en été, grâce aux courants de convection ayant égalisé la masse des eaux. Est-ce à dire que le facteur phytoplancton cause exclusivement la répartition du zooplancton ? Nous ne le pensons pas, bien que nous ne niions point son importance. En été, alors que le plancton végétal est concentré dans les couches superficielles, nous avons constaté une grande abondance de zooplancton en profondeur, tandis que dans ces couches le phytoplancton est beaucoup moins abondant qu'en surface.

b) *Régime des eaux d'été.* — Au printemps, les eaux superficielles se réchauffent peu à peu, entraînant à la longue le réchauffement des couches plus profondes. Après quelques



semaines s'établit un régime thermique totalement différent du régime d'hiver. Il y a apparition de ce qu'on appelle la *couche de saut thermique* (thermocline, *sprungschicht*, barre thermique). La température, au lieu de s'abaisser régulièrement de la surface vers le fond, présente à une certaine profondeur une chute bien marquée, affectant une couche variant de quelques mètres à 30 m. d'épaisseur. Au-dessus, la diminution de température est généralement assez faible ; de même au-dessous, où la température décroît progressivement.

Lorsque les conditions de température sont satisfaisantes, c'est-à-dire lorsque le réchauffement printanier n'est pas troublé par l'apparition de froids subits ou par de tardives chutes de neige, la *sprungschicht* s'établit d'abord en surface, puis descend peu à peu au cours de l'été pour atteindre les couches profondes en automne. Mais ces conditions idéales sont rarement réalisées. Il survient presque chaque année des retours de froid au printemps qui retardent l'établissement de la couche de saut thermique ou qui la font disparaître par suite du refroidissement et du brassage momentané des eaux.

Ainsi, le 30 mars 1920, apparaît un commencement de saut thermique dans la couche de 5-10 m. et qui disparaît le 12 avril après deux semaines de mauvais temps. Celui-ci se maintient, il n'y a rétablissement de la *sprungschicht* que le 28 mai, dans la zone de 8-10 m. Puis, une fois établie, la barre thermique se maintient et subsiste pendant plusieurs semaines dans la couche de 10-15 m. Nous n'avons pu poursuivre ultérieurement nos observations, mais nous eussions certainement constaté l'abaissement de la *sprungschicht* pendant les mois suivants. En 1919, en effet, les 9 et 27 septembre, la barre thermique est encore localisée entre 10 et 20 m., puis elle s'enfonce peu à peu pour atteindre la couche de 20-30 m. le 17 octobre, et celle de 40-50 m. le 31 octobre.

Les mêmes faits ont été observés par BAUDIN dans le Léman ; les conditions thermiques des deux lacs sont à peu près identiques. Nous discuterons au chapitre traitant de la répartition verticale du plancton l'opinion de BAUDIN quant à la relation existant entre le régime des eaux d'été et la répartition verticale du plancton durant cette saison.

---

### CHAPITRE III

#### Transparence.

Comme dans les autres grands lacs suisses, la transparence est maximale en hiver et minimale en été. Nous l'avons évaluée simplement en plongeant dans l'eau un disque de métal couvert d'émail blanc et en notant la longueur de câble immergée au moment où le disque cesse d'être visible. AMBERG et surtout LOZERON, qui ont étudié avec soin la transparence, ont mis en évidence le rapport existant entre celle-ci et la température. AMBERG, dans son travail très complet sur les conditions physiques du lac des Quatre-Cantons, s'exprime ainsi à ce sujet : « Eine Zunahme der Temperatur entspricht im allgemeinen eine Abnahme der Durchsichtigkeit des Sees. » D'autre part, la présence ou l'absence de plancton dans les couches superficielles joue un rôle important, ainsi que la couleur de l'eau, dans la valeur de la transparence.

En hiver, le phytoplancton est peu abondant ; l'eau, relativement pure, a une grande transparence ; au contraire, lors du maximum de développement du plancton végétal, la transparence diminue fortement, et la diminution se poursuit durant les mois d'été. Il ne faut du reste pas exagérer l'importance de ce facteur. Car en juillet, alors que le phytoplancton a sérieusement diminué, la transparence reste très faible. L'absorption de la lumière par l'eau joue également un rôle important. Elle est plus grande en hiver qu'en été. Nous n'avons pas observé de variation brusque de transparence dans le lac de Neuchâtel. Elle augmente ou diminue progressivement.

Nos observations corroborent celles faites par LOZERON dans le lac de Zurich, et nous faisons nôtres ses conclusions :

« 1. La transparence est grande en hiver quand la température est égalisée.

» 2. La transparence est faible en été lorsqu'il y a stratification.

» 3. En été, la transparence augmente quand il y a refroidissement de la température jusqu'à une certaine profondeur;



elle diminue ensuite lorsque la stratification est de nouveau établie.

» 4. A ces effets s'ajoute l'influence du plancton. »

Nous donnons ci-dessous quelques mesures relatives aux années 1916, 1917 et 1918, que nous devons à M. FUHRMANN :

| 1916                            | 1917                              | 1918                               |
|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 21 juin . . 3 <sup>m</sup> ,50  | 27 avril . . . 7 <sup>m</sup> ,30 | 8 février . . 10 m.                |
| 23 juin . . 3 m.                | 30 avril . . . 7 <sup>m</sup> ,70 | 28 février . . 11 <sup>m</sup> ,50 |
| 20 juillet . 2 <sup>m</sup> ,50 | 19 juin . . . 2 <sup>m</sup> ,70  | 10 mai. . . . 2 m.                 |
| 2 août . . 2 <sup>m</sup> ,70   | 14 juillet . . 3 m.               |                                    |
| 25 août . . 3 <sup>m</sup> ,50  | 13 août . . . 3 m.                |                                    |
|                                 | 19 novembre. 9 <sup>m</sup> ,80   |                                    |

Voici les résultats des années 1919 et 1920 :

| 1919                            | 1920                           |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 22 mai . . 6 m.                 | 3 mars . . 10 m.               |
| 16 juin . . 6 <sup>m</sup> ,30  | 22 mars . . 7 m.               |
| 10 juillet . 2 m.               | 28 mars . . 7 m.               |
| 5 août . . 2 m.                 | 12 avril . . 7 m.              |
| 23 août . . 2 m.                | 1 mai . . 6 m.                 |
| 3 sept. . . 3 <sup>m</sup> ,80  | 7 mai . . 5 <sup>m</sup> ,50   |
| 9 sept. . . 3 m.                | 12 mai . . 6 m.                |
| 16 sept. . . 3 m.               | 27 mai . . 4 m.                |
| 27 sept. . . 4 m.               | 11 juin . . 3 <sup>m</sup> ,80 |
| 8 octobre . 4 m.                | 22 juin . . 2 <sup>m</sup> ,80 |
| 24 octobre . 5 <sup>m</sup> ,50 | 29 juin . . 3 <sup>m</sup> ,50 |

*Remarque.* — Les extrêmes observés sont :

Minimum : 2 m., les 10 juillet, 5 et 23 août 1919.

Maximum : 11<sup>m</sup>,50, le 28 février 1918.

*Comparaison avec le lac des Quatre-Cantons :*

a) Observations de BURCKHARDT (vis-à-vis de Gersau) :

Minimum : 1<sup>m</sup>,60, le 30 juillet 1897.

1<sup>m</sup>,70, le 16 septembre 1897.

1<sup>m</sup>,90, le 26 août 1897.

Maximum : 17<sup>m</sup>,40, le 16 mars 1898.

16 m., le 17 mars 1898.

b) Observations d'AMBERG (lac d'Alpnach) :

Minimum : 0<sup>m</sup>,50, le 16 janvier 1898.  
 0<sup>m</sup>,60, le 15 février 1900.  
 0<sup>m</sup>,70, le 6 avril 1898.

Maximum (lac de Küssnacht) :

17 m., le 22 décembre 1898.  
 18 m., le 12 décembre 1898.

Maximum (Bassin de Lucerne) :

17 m. : 19 et 31 décembre 1898.  
 17<sup>m</sup>,30 : 29 janvier 1898.

La transparence dans le lac des Quatre-Cantons atteint donc des limites plus étendues que dans le lac de Neuchâtel.

*Comparaison avec le lac Léman.* — La transparence est également plus grande dans le Léman. Le fait est connu, du reste, que les lacs verdâtres sont moins transparents que les lacs bleus. Nous donnons ci-dessous, d'après FOREL, les moyennes mensuelles de transparence, ainsi que les moyennes saisonnières, pendant l'année 1890, observées aux deux stations de Thonon et de Morges :

|                   | Thonon<br>m. | Morges<br>m. |
|-------------------|--------------|--------------|
| Janvier . . . .   | 17           | 14,6         |
| Février . . . .   | 14,8         | 15           |
| Mars . . . . .    | 12,8         | 15,4         |
| Avril . . . . .   | 14,3         | 11,3         |
| Mai . . . . .     | 10,4         | 8,2          |
| Juin . . . . .    | 7,7          | 6,9          |
| Juillet . . . . . | 6,8          | 5,6          |
| Août . . . . .    | 8,2          | 5,3          |
| Septembre . . .   | 7,8          | 6,8          |
| Octobre . . . .   | 8,5          | 10,2         |
| Novembre . . .    | 11           | 11           |
| Décembre . . .    | 16           | 11,5         |
| Moyennne année    | 11,3         | 10,1         |
| Printemps . . .   | 12,5         | 11,6         |
| Eté . . . . .     | 7,6          | 5,9          |
| Automne . . . .   | 9,1          | 8,3          |
| Hiver . . . . .   | 15,9         | 13,7         |



## II. TECHNIQUE

### CHAPITRE PREMIER

#### Méthode du Filet.

##### A. Mesures relatives aux filets.

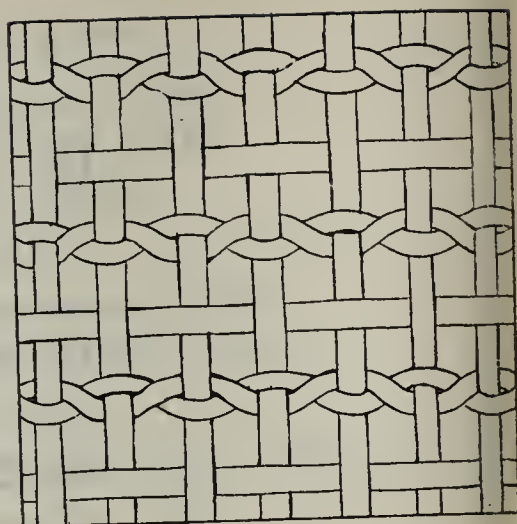
Lorsqu'on parcourt la littérature se rapportant au plancton, l'on est frappé de voir combien les différentes méthodes de pêche varient. Tels auteurs prétendent que seule la pêche faite au moyen du filet donne de bons résultats ; d'autres estiment qu'il est préférable d'utiliser la pompe pour capturer le plancton. Nous avons pensé que seule une étude approfondie des diverses méthodes pourrait indiquer la meilleure voie à suivre, et c'est pourquoi nous donnons ici les résultats de cette étude.

*Les filets employés.* — Nous nous sommes servis exclusivement de deux filets FUHRMANN en soie à bluter n<sup>os</sup> 12 et 20, et de deux filets à fermeture NANSSEN des mêmes numéros. Dans ce qui suit, nous désignerons le filet FUHRMANN par F. 12 ou F. 20, selon le numéro de la gaze, et le filet NANSSEN par F. N. 12 ou F. N. 20.) Il est ainsi facile de comparer les pêches faites par exemple avec le F. 12 et le F. N. 12 pour une même profondeur, ou avec le F. 20 et le F. N. 20. Les deux filets ordinaires 12 et 20 sont des filets APSTEIN modifiés par F. FUHRMANN. Rappelons brièvement les principales caractéristiques de ces filets. Le diamètre de leur ouverture est de 5 cm. (surface 490 cm<sup>2</sup>), celui de l'entonnoir métallique terminant le filet à sa partie inférieure est de 8 cm. ; la longueur totale du filet est de 97 cm., sa surface de 9310 cm<sup>2</sup>.

Les filets à fermeture NANSSEN ont une ouverture de 36 cm. de diamètre (surface 1017 cm<sup>2</sup>). Le diamètre de l'entonnoir est de 8 cm. ; la longueur totale de 1<sup>m</sup>,20 et la surface de 1.125 cm<sup>2</sup>.

La gaze dont sont faits tous les filets est tissée de la même façon. Vue au microscope, elle présente l'aspect de la figure

ci-contre. On voit que les mailles sont formées par une trame à un seul brin, tandis que la chaîne est formée alternativement d'un fil à deux brins enroulés l'un autour de l'autre et entre lesquels passent les fils de la trame, et d'un fil à un seul brin.



Comme on le verra dans ce qui suit, la surface de filtration est très différente selon que le filet est sec ou mouillé. Nous nous proposons d'établir pour chaque filet le rapport entre la surface de filtration et la surface d'ouverture, celui entre la surface totale du filet et la surface filtrante à l'état sec et humide, etc.

*Filet Fuhrmann n° 12.* — Pour toutes les mesures qui suivent, notre microscope ZEISS était réglé de cette façon : Oculaire micrométrique 3, objectif A, hauteur du tube 145.

a) *Filet sec.* — Nombre de fils pour l'échelle micrométrique (750  $\mu$ ). (Mesuré en cinq endroits différents.)

*Sens longitudinal*

|    |                 |               |
|----|-----------------|---------------|
| 1. | 4               |               |
| 2. | 4               |               |
| 3. | 4 $\frac{1}{4}$ | Moyenne : 4,1 |
| 4. | 4               |               |
| 5. | 4 $\frac{1}{2}$ |               |

*Sens transversal*

|    |                 |               |
|----|-----------------|---------------|
| 1. | 5               |               |
| 2. | 4 $\frac{1}{2}$ |               |
| 3. | 4 $\frac{1}{2}$ | Moyenne : 4,6 |
| 4. | 4 $\frac{1}{2}$ |               |
| 5. | 4 $\frac{1}{2}$ |               |

On calcule alors le nombre de fils par cm. dans les deux sens longitudinal et transversal.

$$\text{Sens longitudinal : } \frac{1000 \times 4,1}{75} = 53$$

$$\text{Sens transversal : } \frac{1000 \times 4,6}{75} = 61$$

$$\text{Nombre de fils par cm}^2 \quad . \quad . \quad . \quad 53 \times 61 = 3233$$

$$\text{Nombre d'ouvertures par cm}^2 \quad . \quad . \quad . \quad 52 \times 60 = 3120$$

*Calcul de la surface filtrante.* — Le calcul consiste à chercher la surface moyenne d'une ouverture, de la multiplier par le nombre d'ouvertures par cm<sup>2</sup>, puis par la surface totale de la gaze.

Nous donnons ici la longueur et la largeur d'une ouverture prise en dix endroits différents, pour montrer que ces dimensions peuvent varier passablement d'un endroit à l'autre. L



longueur et la largeur réelles s'obtiennent en multipliant par 0,015 le nombre de divisions de l'échelle micrométrique comprises dans la longueur ou la largeur d'une ouverture :

| Longueur moyenne d'une ouverture |      |                             | Largeur moyenne d'une ouverture |      |                             |
|----------------------------------|------|-----------------------------|---------------------------------|------|-----------------------------|
| a/ 6                             | f/ 5 |                             | a/ 5                            | f/ 3 |                             |
| b/ 4                             | g/ 6 |                             | b/ 5                            | g/ 4 |                             |
| c/ 5                             | h/ 6 | Moyenne : 5,3               | c/ 6                            | h/ 5 | Moyenne : 4,7               |
| d/ 5                             | i/ 5 | Longueur réelle :           | d/ 4                            | i/ 5 | Largeur réelle :            |
| e/ 6                             | k/ 5 | $5,3 \times 0,015 = 80 \mu$ | e/ 4                            | k/ 6 | $4,7 \times 0,015 = 71 \mu$ |

Surface moyenne d'une ouverture :  $80 \mu \times 61 \mu = 0,0057 \text{ mm}^2$

Nombre total d'ouvertures :  $9130 \times 3120 = 29.047.200$

Surface filtrante :  $29.047.200 \times 0,0057 = 1656 \text{ cm}^2$

$$\text{Rapport} \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{1456}{490} = 3,4$$

$$\text{Rapport} \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{1656}{9310} = \frac{1}{5,62}$$

b) *Filet mouillé.* — Nombre de fils pour  $750 \mu$  (échelle micrométrique).

Sens longitudinal 3,6 (moyenne)      Sens transversal 4,15 (moyenne)

Nombre de fils pour 1 cm. de longueur 48

» » » » largeur . 55

Nombre de fils par  $\text{cm}^2$  :  $48 \times 55 = 2640$

» d'ouvertures »  $47 \times 54 = 2538$

*Remarque.* — Le nombre total d'ouvertures reste évidemment le même, quelle que soit la surface du filet. Celle-ci varie suivant que le filet est sec ou mouillé. Dans l'impossibilité d'évaluer exactement la surface du filet dans son état

tuel usagé, nous admettons que le rapport  $\frac{1}{19} = \frac{\text{Surf. ouvert.}}{\text{Surf. filet}}$

subsiste. On prendra donc le nombre total d'ouvertures qu'on multipliera par la surface des ouvertures à l'état sec et mouillé.

Longueur moyenne des ouvertures  $65 \mu$

Largeur » » »  $65 \mu$

Surface moyenne d'une ouverture :  $65 \mu \times 65 \mu = 0,004225 \text{ mm}^2$

Surface filtrante :  $29.047.200 \times 0,004.225 = 1227 \text{ cm}^2$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{1227}{490} = 2,5$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{1227}{9310} = \frac{1}{7,6}$$

*Filet Fuhrmann n° 20.*

a) *Filet sec :*

|                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Nombre de fils pour 1 cm. de longueur | 80                      |
| » » » » largeur .                     | 86                      |
| » » par cm <sup>2</sup> :             | 92 × 93 = 6880          |
| » d'ouvertures »                      | 91 × 92 = 6715          |
| Longueur moyenne d'une ouverture      | 70 μ                    |
| Largeur » » »                         | 48 μ                    |
| Surface » » »                         | 0,00336 mm <sup>2</sup> |

Nombre total d'ouvertures : 6715 × 9310 = 62.516.650, soit 62 1/2 millions.  
Surface filtrante : 62.500.000 × 0,00336 = 2100 cm<sup>2</sup>

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{2100}{490} = 4,3$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{2100}{9310} = \frac{1}{4,43}$$

*Remarque.* — La gaze neuve n° 20 a 4624 fils au cm<sup>2</sup>. Mais le tissu se rétrécit à l'usage, si bien que notre filet FUHRMANN 20 possédait 6880 fils par cm<sup>2</sup>.

b) *Filet mouillé :*

|                                              |                         |
|----------------------------------------------|-------------------------|
| Nombre de fils pour 1 cm. de longueur        | 75                      |
| » » » » largeur .                            | 81                      |
| » » par cm <sup>2</sup> . . . . .            | 6075                    |
| » d'ouvertures par cm <sup>2</sup> . . . . . | 5920                    |
| Largeur moyenne d'une ouverture              | 53 μ                    |
| Longueur » » » . . .                         | 33 μ                    |
| Surface » » » . . .                          | 0,00175 mm <sup>2</sup> |
| » filtrante : 62.500.000 × 0,00175 =         | 1094 cm <sup>2</sup>    |

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{1094}{490} = 2,24$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{1094}{9310} = \frac{1}{8,51}$$



*Remarque.* — Par ce qui précède, on voit que, lorsque le filet est sec, le rapport de la surface filtrante à la surface de l'ouverture du filet est égal à 4,3, et que ce même rapport, lorsque le filet est mouillé, se réduit à 2,24 ! Cela s'explique par le fait qu'à l'état humide les fils se gonflent considérablement, diminuant ainsi les dimensions des ouvertures.

*Filet Nansen 12.* — Ce filet ne diffère du filet Fuhrmann 12 que par ses dimensions. La toile dont il est fait est exactement la même. La dimension des mailles, le nombre d'ouvertures par cm<sup>2</sup> sont donc les mêmes que dans le filet 12.

a) *Filet sec :*

Nombre de mailles par cm<sup>2</sup> : 3120

» total d'ouvertures :  $3120 \times 13.125 \text{ cm}^2 = 42.500.000$

Surface filtrante :  $42.500.000 \times 0,0057 = 2422 \text{ cm}^2$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{2422}{1017} = 2,37$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{2422}{13125} = \frac{1}{5,42}$$

b) *Filet mouillé :*

Nombre de mailles par cm<sup>2</sup> : 2538

Surface filtrante :  $42.500.000 \times 0,004225 = 1795 \text{ cm}^2$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{1795}{1017} = 1,76$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{1795}{13125} = \frac{1}{7,31}$$

*Filet Nansen 20.* — Même tissu que pour filet FUHRMANN 20. Cependant, les chiffres valables pour le petit filet ne le sont plus ici, ce qui est dû au fait que ces deux filets ont différemment usagés. Le F. N. 20 que nous avons utilisé était presque neuf. Par les mêmes procédés de calcul, nous avons :

a) *Filet sec :*

Nombre d'ouvertures par cm<sup>2</sup> : 5520

» total d'ouvertures : 72 1/2 millions

Surface moyenne d'une ouverture : 0,00364 mm<sup>2</sup>

» filtrante : 2700 cm<sup>2</sup>

$$\text{Rapport} \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{2700}{1017} = 2,66$$

$$\text{Rapport} \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{2700}{13125} = \frac{1}{4,86}$$

b) *Filet mouillé :*

Nombre d'ouvertures par cm<sup>2</sup> : 5300

Surface moyenne d'une ouverture : 0,002244 mm<sup>2</sup>

» filtrante : 1626 cm<sup>2</sup>

$$\text{Rapport} \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. sup}^{\text{re}}} = \frac{1626}{1017} = 1,60$$

$$\text{Rapport} \frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. filet}} = \frac{1626}{13125} = \frac{1}{8,07}$$

*Remarque.* — On constate donc que, lorsque le filet est sec, le rapport de la surface filtrante à la surface d'ouverture du filet est égal à 2,66, et que ce rapport n'est plus que de 1,60 lorsque le filet est mouillé. Toutefois, la diminution était plus sensible dans le filet FUHRMANN 20, qui était beaucoup plus usagé.

*Remarques générales.* — 1. Après quelque temps d'emploi, les mailles du filet se rétrécissent, leur diamètre diminue. Il passe davantage de plancton au travers d'un filet neuf, dont les mailles ont une certaine raideur, qu'au travers d'un filet usagé. LOZERON a examiné au microscope la gaze n° 18, neuve et usagée, et il a constaté que dans le premier cas le diamètre des mailles était de 60 μ, et seulement de 35 μ dans le second cas.

2. La longueur et la largeur des mailles diminuent considérablement lorsque le filet est mouillé. (Il en est par conséquent de même pour la surface de filtration.) Exemple :

|          |                     | Longueur | Largeur |
|----------|---------------------|----------|---------|
| F. N. 20 | { sec . . . . .     | 70 μ     | 52 μ    |
|          | { mouillé . . . . . | 51 μ     | 44 μ    |
| F. F. 20 | { sec . . . . .     | 70 μ     | 48 μ    |
|          | { mouillé . . . . . | 53 μ     | 33 μ    |

3. La surface filtrante accuse une diminution très sensible lorsque le filet est mouillé :



|          |                    | Surface              | Diminution |
|----------|--------------------|----------------------|------------|
| F. F. 12 | { sec . . . . .    | 1656 cm <sup>2</sup> | 26 0/0     |
|          | { mouillé. . . . . | 1227 cm <sup>2</sup> |            |
| F. F. 20 | { sec . . . . .    | 2100 cm <sup>2</sup> | 48 0/0     |
|          | { mouillé. . . . . | 1094 cm <sup>2</sup> |            |
| F. N. 12 | { sec . . . . .    | 2422 cm <sup>2</sup> | 26 0/0     |
|          | { mouillé. . . . . | 1795 cm <sup>2</sup> |            |
| F. N. 20 | { sec . . . . .    | 2700 cm <sup>2</sup> | 40 0/0     |
|          | { mouillé. . . . . | 1626 cm <sup>2</sup> |            |

Le tableau n° 3 résume tout ce qui précède.

### B. La filtration.

Nous avons déjà signalé le fait qu'au travers d'un filet neuf, il passe plus de plancton qu'au travers d'un filet usagé. LOZERON s'exprime ainsi à ce sujet :

« Quand le filet est neuf, la gaze a une certaine raideur, les ouvertures se tiennent bien ouvertes, il passe alors beaucoup plus de plancton au travers du filet que lorsque la gaze est devenue souple. »

En règle générale donc, un filet usagé filtre mieux, c'est-à-dire ramène plus de plancton, qu'un filet neuf. Il peut se produire l'inverse lorsque l'on opère lors du maximum de développement du phytoplancton ou des rotateurs. Dans ce dernier cas, le filet usagé, dont le diamètre des mailles s'est considérablement réduit, s'obstrue au bout de quelques mètres et la relève, et le reste du plancton reflue par-dessus l'ouverture du filet. Les deux tableaux n<sup>os</sup> 4 et 19 illustrent ce qui précède.

*Remarque.* — Dans tous les tableaux annexés à la fin de ce travail, les noms des espèces sont abrégés de la manière suivante :

|                     |   |                                   |
|---------------------|---|-----------------------------------|
| <i>Diapt. grac.</i> | — | <i>Diaptomus gracilis</i> , SARS. |
| <i>Diapt. lac.</i>  | — | » <i>laciniatus</i> , LILLJ.      |
| <i>Cycl. stren.</i> | — | <i>Cyclops strennuus</i> , FISCH. |
| <i>Cycl. leuck.</i> | — | » <i>leuckarti</i> , CLAUS.       |
| <i>J. Cycl.</i>     | — | <i>Jeunes Cyclops</i> .           |
| <i>J. Diapt.</i>    | — | <i>Jeunes Diaptomus</i> .         |
| <i>Naupl.</i>       | — | <i>Nauplius</i> .                 |

|                      |   |                                                            |
|----------------------|---|------------------------------------------------------------|
| <i>Byth. long.</i>   | — | <i>Bythotrephes longimanus</i> , LEYDIG.                   |
| <i>Lept. hyal.</i>   | — | <i>Leptodora hyalina</i> , LILLJ.                          |
| <i>Sida</i>          | — | <i>Sida limnetica</i> , BURCKHARDT.                        |
| <i>Daphnia</i>       | — | <i>Daphnia hyalina</i> , LEYDIG.                           |
| <i>Bosmina</i>       | — | <i>Bosmina longirostris</i> , O.-F. MÜLLER.                |
|                      | » | <i>coregoni</i> , BAIRD.                                   |
| <i>Diaph. brach.</i> | — | <i>Diaphanosoma brachyurum</i> , LIÈV.                     |
| <i>Noth. long.</i>   | — | <i>Notholca longispina</i> , KELL.                         |
| <i>Anur. cochl.</i>  | — | <i>Anurea cochlearis</i> , GOSSE.                          |
| <i>Pol. plat.</i>    | — | <i>Polyarthra platyptera</i> , EHRENB.                     |
| <i>Tr. long.</i>     | — | <i>Triarthra longiseta</i> , var. <i>limnetica</i> , ZACH. |

Les tableaux, sauf remarque spéciale, indiquent le nombre de milliers d'individus sous 1 m<sup>2</sup> de surface, à la profondeur de la pêche.

Le 3 octobre 1916, à 50 m. de profondeur, le filet neuf ramène 2<sup>cm<sup>3</sup></sup>,6 de plancton, le filet usagé seulement 1<sup>cm<sup>3</sup></sup>,95. A 70 m., les chiffres correspondants sont 3<sup>cm<sup>3</sup></sup>,5 et 2<sup>cm<sup>3</sup></sup>,3. Le 25 août, avec les mêmes filets, nous recueillons 2<sup>cm<sup>3</sup></sup>,15 dans un cas, et 1<sup>cm<sup>3</sup></sup>,7 dans l'autre. Nous constatons que la diminution porte surtout sur les grandes espèces : *Diaptomus*, *Cyclops*, *Bythotrephes*, *Leptodora*, grands *Nauplius*. L'obstruction des mailles est causée par les rotateurs et le phyto-plancton, et une fois les mailles obstruées, les grandes espèces citées s'échappent facilement par le fait du reflux.

*F. 12 et F. 20.* — Ces deux filets, relevés depuis la même profondeur, opèrent une sorte de triage, de sélection, dans la faune planctonique. Le F. 12, à larges mailles, laisse passer beaucoup de rotateurs et de petits *nauplius*, et retient essentiellement les grandes espèces.

A cet égard, le tableau n° 5 est fort suggestif.

Comme on le voit, les grandes espèces sont en nombre à peu près égal, mais il y a une forte différence en ce qui concerne les *Rotateurs* et les *Nauplius*. Du reste, lors de l'épau nouissement des Rotateurs, le F. 12 peut en ramener un assez grand nombre, mais toujours peu par rapport à la quantité totale. C'est ce que montre le tableau n° 6. (On a aussi utilisé le F. N. 12, ce qui ne change rien aux résultats, la gaze étant la même.)

*F. 15 et F. 25.* — Nous n'avons pas utilisé nous-même ces deux filets, mais dans le matériel FUHRMANN que nous avons étudié se trouvaient quelques pêches effectuées avec ces filets. La gaze n° 25 est extrêmement serrée et s'obstrue au



bout de quelques mètres de relevée. Alors elle ne filtre presque plus. Ce filet ne doit donc être utilisé que pour des pêches affectant de faibles profondeurs (au maximum 5 m.) ou, comme filet à fermeture, seulement dans une zone étroite. Jusqu'au moment où les mailles sont presque complètement obstruées, le filet 25 a toutefois le temps de récolter un nombre énorme de Rotateurs. Exemple, tableau n° 7.

Ce que nous avons dit des F. 12 et F. 20 s'applique donc « a fortiori » aux F. 15 et F. 25. Ce sont surtout les petits Rotateurs *Anurea* et *Polyarthra* qui sont récoltés en foule.

*F. 12 et F. N. 12.* — La surface de l'ouverture supérieure est de 490 cm<sup>2</sup> pour le F. 12 et de 1017 cm<sup>2</sup> pour le F. N. 12. Celle-ci est donc environ 2,1 fois plus grande que la première. A l'état humide, la surface filtrante est 2,5 fois plus grande que celle de l'ouverture pour le F. 12 et 1,76 fois pour le F. N. 12. Dans les deux cas, par conséquent, toute l'eau qui entre dans le filet peut théoriquement passer au travers de la gaze sans refluer. (Ici intervient encore le facteur viscosité, dont il est difficile d'apprécier la valeur.) Le rapport des deux surfaces d'ouverture 1/2,1 se traduit-il, en pratique, par un nombre d'individus 2,1 fois plus grand avec le F. N. 12 qu'avec le F. 12 ? Le tableau n° 8 va nous renseigner.

Les rapports entre les nombres d'individus recueillis, pour une même profondeur avec les deux filets, sont résumés ci-dessous :

|       |                                                  | <i>D. gracilis</i> ♀ | <i>C. leuckarti</i> | Jeunes Cyclops  | Jeunes Diaptomus | Nauplius        | <i>Noth. longispina</i> |
|-------|--------------------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| 20 m. | $\left(\frac{\text{F. F.}}{\text{F. N.}}\right)$ | $\frac{1}{3}$        | $\frac{1}{3,4}$     | $\frac{1}{6,3}$ | $\frac{1}{1,9}$  | $\frac{1}{1,3}$ | $\frac{1}{1,7}$         |
| 30 m. | $\left(\frac{\text{F. F.}}{\text{F. N.}}\right)$ | $\frac{1}{3,5}$      | $\frac{1}{1,8}$     | $\frac{1}{2,4}$ | $\frac{1}{1,4}$  | $\frac{1}{2}$   | $\frac{1}{2,7}$         |
| 40 m. | $\left(\frac{\text{F. F.}}{\text{F. N.}}\right)$ | $\frac{1}{1,5}$      | $\frac{1}{2}$       | $\frac{1}{5}$   | $\frac{1}{7,3}$  | $\frac{1}{3,6}$ | $\frac{1}{3,5}$         |

Il n'est pas possible de dresser le rapport pour les autres espèces, car le nombre d'individus est trop faible. On peut, ne semble-t-il, déduire de ce qui précède que le rapport 1/2,1 non seulement est respecté, mais encore accentué dans la majeure partie des cas. (Il ne faut pas oublier que la répartition des individus des différentes espèces n'est pas toujours absolument égale dans tous les sens, et que l'on peut tomber sur une légère concentration ou sur une dissémination des individus.)

Cela s'explique par le fait que, grâce à la plus grande surface d'ouverture du filet NANSEN, il existe une zone non ébranlée par le cercle métallique maintenant toujours ouvert le filet à sa partie supérieure, zone située au centre de cette ouverture et proportionnellement plus grande avec le filet NANSEN qu'avec le filet FUHRMANN.

*F. 20 et F. N. 20.* — Ces deux filets se comportent comme les *F. 12* et *F. N. 12*. Les conclusions précédentes s'y appliquent également. Le tableau n° 9 se rapporte à une pêche effectuée avec ces filets. Les proportions établies comme précédemment sont les suivantes :

|       | <i>D. gracilis</i> | <i>C. leuckarti</i> | <i>Jeunes Cyclops</i> | <i>Nauplius</i> |
|-------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| 10 m. | $\frac{1}{3,7}$    | $\frac{1}{5,2}$     | $\frac{1}{3,4}$       | $\frac{1}{1,9}$ |
| 20 m. | $\frac{1}{2,5}$    | $\frac{1}{1,7}$     | $\frac{1}{3}$         | $\frac{1}{4}$   |
| 30 m. | $\frac{1}{2,4}$    | $\frac{1}{3,4}$     | $\frac{1}{4,1}$       | $\frac{1}{3}$   |

L'on ne peut tabler sur les chiffres se rapportant aux autres espèces, car ils sont trop faibles.

*F. N. 12 et F. N. 20.* — Ils donnent, toutes proportions gardées, des résultats identiques aux *F. 12* et *F. 20*.

### C. Vitesses de relevée des filets

L'un des facteurs principaux dans la pêche du plancton est la vitesse de relevée du filet. En effet, comme nous allons le voir, la quantité de plancton récoltée est en rapport direct avec la rapidité avec laquelle on remonte le filet. Il est nécessaire, au début des observations, de choisir une vitesse uniforme (50 cm. par seconde) et de s'y tenir. L'habitude aidant, on arrive bientôt à effectuer toutes ses pêches avec une grande régularité de vitesse. Ceci a une grande importance, car deux pêches faites avec deux vitesses différentes ne donneraient pas des résultats comparables entre eux. Les tableaux nos 10 et 11 sont relatifs à des pêches effectuées avec des variations de vitesse.

On constate qu'à mesure que la vitesse augmente, le



volume récolté augmente aussi. L'accroissement est régulier et porte sur *toutes les espèces*, et non pas seulement sur une ou deux espèces.

7 novembre 1919.

|     |         |       | Vitesse par seconde   |                       | Volume                |
|-----|---------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.  | 15—0 m. | F. 20 | 7 <sup>min</sup> 1/2  | 3 <sup>cm</sup> 1/3   | 0 <sup>cm</sup> 3,35  |
| 2.  | 15—0 »  | »     | 4 min.                | 6 <sup>cm</sup> 1/4   | 0 <sup>cm</sup> 3,4   |
| 3.  | 15—0 »  | »     | 2 m. 6 sec.           | 11 <sup>cm</sup> 9/10 | 0 <sup>cm</sup> 3,475 |
| 4.  | 15—0 »  | »     | 68 sec.               | 23 <sup>cm</sup> 1/2  | 0 <sup>cm</sup> 3,55  |
| 5.  | 15—0 »  | »     | 43 <sup>sec</sup> 1/2 | 35 cm.                | 0 <sup>cm</sup> 3,65  |
| 6.  | 15—0 »  | »     | 34 sec.               | 44 cm.                | 0 <sup>cm</sup> 3,7   |
| 7.  | 15—0 »  | »     | 24 <sup>sec</sup> 2/3 | 62 <sup>cm</sup> 1/2  | 0 <sup>cm</sup> 3,9   |
| 8.  | 15—0 »  | »     | 17 <sup>sec</sup> 1/3 | 88 cm.                | 1 <sup>cm</sup> 3     |
| 9.  | 15—0 »  | »     | 13 sec.               | 1 <sup>m</sup> ,15    | 1 <sup>cm</sup> 3,1   |
| 10. | 15—0 »  | »     | 10 <sup>sec</sup> 4/5 | 1 <sup>m</sup> ,36    | 1 <sup>cm</sup> 3,25  |

Ici aussi, l'augmentation de volume est très régulière. Le tableau n° 11 indique le nombre d'individus de chaque espèce dans les différentes pêches.

Enfin, nous reproduisons dans le tableau n° 12 les chiffres relatifs à des pêches effectuées de 50-0 m. et de 70-0 m. avec des vitesses très différentes. Les résultats sont semblables aux précédents.

L'on peut exprimer ainsi le rapport existant entre le volume et la vitesse :

La quantité de plancton recueillie est directement proportionnelle à la vitesse de relevée du filet, ou :

L'augmentation de la vitesse de relevée du filet correspond à une augmentation du volume du plancton récolté.

L'augmentation constatée se produirait-elle encore avec des vitesses supérieures à celles réalisées dans nos expériences ? Il est possible que l'on puisse recueillir davantage de plancton, mais il ne faut pas perdre de vue qu'il existe une limite, celle où la quantité totale du plancton serait recueillie. Nous ne savons pas exactement quelle est cette quantité, qui ne pourrait s'évaluer qu'au moyen d'un appareil amenant à la surface un volume donné d'eau (50 l. p. ex.), lequel serait soigneusement filtré. Cet appareil, du reste, serait fort encombrant et difficile à manier. Toutefois, nous estimons n'être pas loin de la quantité totale du plancton avec nos vitesses maxima de relevée du filet. Pour des raisons d'ordre pratique, nous avons adopté pour toutes nos pêches une vitesse uniforme de relevée du filet. Cette vitesse est de

50 cm. par seconde. (On conçoit que sans appareils *ad hoc* il serait difficile de relever, par exemple, un filet Nansen à 80 ou 100 m. de profondeur avec une vitesse de 1 m. ou 1<sup>m</sup>,20 par seconde !)

La planche n° II reproduit deux graphiques exprimant le rapport entre le volume et la vitesse de relevée. Les courbes paraissent tendre vers une limite, qui est celle où la quantité totale de plancton présente dans le volume d'eau filtrée serait recueillie.

#### D. Fixation et dénombrement du matériel.

Nous avons procédé d'une manière uniforme pour toutes nos pêches. Le filet étant relevé, nous ouvrons le robinet qui le termine à sa partie inférieure et recueillons le plancton dans un flacon d'une contenance de 350 cm<sup>3</sup>. Nous avons soin de laver chaque fois soigneusement le filet en le plongeant à deux reprises dans l'eau (l'ouverture supérieure restant au-dessus de la surface) et de recueillir le plancton qui s'est encore amassé dans l'entonnoir. Aussitôt après, nous fixons notre pêche au moyen du formol à 40 % (une petite dose suffit). La conservation se fait fort bien et l'on peut garder ainsi le matériel fixé pendant plusieurs années sans qu'il se détériore. (Certains tubes contenant du plancton de 1900 étaient aussi bien conservés, en 1920, que du plancton récolté cette même année.)

Après avoir ainsi fait une série de pêches, nous apportons les flacons au laboratoire. Le contenu total de chaque flacon est alors versé dans un long tube de 4 cm. de diamètre, rétréci à sa partie inférieure et relié lui-même par le bas à un tube plus petit, gradué en dixièmes de cm<sup>3</sup>. Le plancton se dépose peu à peu au fond du tube gradué, et il ne reste plus qu'à lire la quantité recueillie. Ici encore, nous avons procédé systématiquement, car le volume tassé au fond du tube varie suivant le temps laissé au plancton pour se déposer. Nous notions deux fois le volume, une première fois après vingt-quatre heures (puis nous renversions plusieurs fois le tube gradué afin de provoquer une seconde sédimentation, le tube supérieur étant enlevé) et une seconde fois vingt-quatre heures après l'opération précédente. C'est cette dernière évaluation qui nous a toujours fourni nos chiffres.

Le tableau ci-dessous montrera qu'il est nécessaire d'opérer systématiquement. Nous avons fait sédimenter une série



de pêche. Toutes les vingt-quatre heures (pendant une semaine), le plancton déposé était évalué volumétriquement, puis rebrassé afin de provoquer une nouvelle sédimentation. On constate que les chiffres varient d'une opération à l'autre.

28 mars 1920.

| m.      | 1 <sup>er</sup> jour<br>cm <sup>3</sup> | 2 <sup>me</sup> j.<br>cm <sup>3</sup> | 3 <sup>me</sup> j.<br>cm <sup>3</sup> | 4 <sup>me</sup> j.<br>cm <sup>3</sup> | 5 <sup>me</sup> j.<br>cm <sup>3</sup> | 6 <sup>me</sup> j.<br>cm <sup>3</sup> | 7 <sup>me</sup> j.<br>cm <sup>3</sup> |
|---------|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 10 — 0  | 1,4                                     | 1,55                                  | 1,55                                  | 1,55                                  | 1,5                                   | 1,5                                   | 1,5                                   |
| 20 — 10 | 2,3                                     | 2,65                                  | 2,5                                   | 2,6                                   | 2,5                                   | 2,25                                  | 2,5                                   |
| 30 — 20 | 1,8                                     | 2                                     | 2                                     | 1,95                                  | 1,9                                   | 1,85                                  | 1,8                                   |
| 40 — 30 | 1,4                                     | 1,7                                   | 1,65                                  | 1,5                                   | 1,5                                   | 1,45                                  | 1,45                                  |
| 50 — 40 | 1                                       | 1,2                                   | 1,15                                  | 1,05                                  | 1                                     | 1                                     | 1                                     |
| 60 — 50 | 0,85                                    | 1                                     | 0,85                                  | 0,8                                   | 0,8                                   | 0,75                                  | 0,75                                  |
| 80 — 60 | 1                                       | 1,1                                   | 1                                     | 1,05                                  | 0,95                                  | 1                                     | 0,95                                  |

La seule manière d'étudier le plancton et d'obtenir des résultats comparables entre eux, est celle du dénombrement. Chaque pêche a fait l'objet d'un dénombrement particulier. A cet effet, tout le plancton d'une pêche est versé dans un récipient de forme sphérique. Nous ajoutons un mélange d'eau et de glycérine, de manière à ce que le contenu du récipient atteigne 40 cm<sup>3</sup>, puis le tout est secoué durant deux minutes, de manière à obtenir un mélange aussi uniforme que possible. Nous plongeons alors très rapidement dans ce mélange une pipette cylindrique HENSEN d'une contenance de 1 cm<sup>3</sup>. Le contenu de la pipette est alors déposé sur la plaque à dénombrer, et le tout placé sur une étuve chauffée à 80° C. Après quelques minutes, l'eau s'est suffisamment évaporée pour que le plancton reste attaché à la plaque. Il ne reste plus qu'à compter.

Le mélange Eau + Glycérine a cet avantage d'empêcher la dessiccation complète du plancton, la glycérine ne s'évaporant pas (la proportion du mélange est d'environ une partie de glycérine pour quatre parties d'eau). La plaque à compter (HENSEN) est divisée en  $40 \times 20 = 800$  carrés de 1  $\frac{1}{2}$  mm. de côté. Nous faisons défiler la plaque entière sous l'objectif et notons chaque individu de chaque espèce par un trait sur une feuille de papier. Tous les individus des genres *Bythotrephes* et *Leptodora* présents dans chaque pêche étudiée ont été comptés à l'œil nu, avant d'effectuer la dilution Plancton + Eau + Glycérine. Le nombre réel d'individus des autres espèces présentes dans la pêche étudiée s'obtient en multi-

pliant par 40 le total d'individus dénombrés sur la plaque à compter. Enfin, tous nos tableaux indiquent le nombre de milliers d'individus sous 1 m<sup>2</sup> de surface, à la profondeur où la pêche a été effectuée. Rappelons encore qu'en relevant de 1 m. le F. 12 ou le F. 20, on filtre une quantité d'eau de 49 l., soit 490 l. pour 10 m. de relevée. Avec le filet Nansen, on filtre 102 l. par mètre, soit 1020 l. pour 10 m. Il est dès lors facile de calculer le nombre total d'individus présents dans n'importe quel volume d'eau.

*Valeur de la méthode.* — La méthode utilisée présente-t-elle une rigueur suffisante, et n'est-on pas exposé à obtenir des résultats fantaisistes ? Il peut sembler au premier abord que la méthode consistant à mélanger le plancton avec de l'eau et de la glycérine dans un récipient et d'en prélever le  $\frac{1}{40}$  doive réserver des surprises, le contenu de chaque pipette devant, semble-t-il, différer chaque fois. Mais tel n'est pas le cas, ainsi que le prouve le tableau n° 13. Le mélange obtenu par brassage du plancton est très uniforme au bout de 2 minutes, et la pipette ramène une proportion relativement très exacte d'individus de chaque espèce.

La différence en % d'une épreuve à l'autre est toujours faible. Comme on le voit, la méthode est excellente, tant au point de vue qualitatif qu'au point de vue quantitatif, lorsque le nombre d'individus n'est pas trop minime.

La plaque comptée, le reste du mélange est filtré au papier Joseph et recueilli dans un tube. Il ne peut plus alors servir qu'à des recherches qualitatives, car, dans la filtration, une partie des individus (surtout des Rotateurs) reste attachée au papier-filtre.

---

## CHAPITRE II

### Méthode de la Pompe.

Désireux d'établir la valeur respective des deux méthodes de pêche utilisées en planctologie, nous avons comparé les résultats obtenus avec nos filets avec ceux fournis pour des pêches parallèles par la pompe. Nous devons à l'obligeance de M. le prof. H. BLANC, de Lausanne, et de M. le prof.



H. BACHMANN, de Lucerne, d'avoir eu à notre disposition deux pompes différentes. M. Blanc nous a prêté une pompe à ailettes n° 0, et M. Bachmann une pompe nouvelle de la maison HÄNY, de Meilen. Nous étudierons successivement les résultats obtenus avec l'une et l'autre pompe.

#### A. Pompe à ailettes N° 0.

BAUDIN, dans son étude sur la « Répartition verticale du plancton dans le Léman », s'est servi exclusivement de cette pompe. Au sujet de son emploi, il s'exprime ainsi :

« Notre pompe à ailettes n° 0 donnait 1 dl. au coup de balancier. Nous la fixions sur le bord extérieur du bateau, à ras de l'eau. Le tuyau d'aspiration plongeait sous elle dans toute sa longueur de 50 m. A l'arrière, un treuil avec compur de tours maintenait de son câble d'acier l'extrémité inférieure du tuyau aux profondeurs requises.

» La pompe déversait l'eau dans un petit filet de soie à fils au cm., qui plongeait lui-même dans un bidon fixé en dehors du bateau.

» Nous avons pompé 20 l. chaque fois, à chaque profondeur. Nous versions le contenu du filet dans un flacon et le filtrions quatre fois à l'eau filtrée. »

Nous avons procédé de la même façon. Toutefois, en ce qui concerne les pêches de 30-20 m., 20-10 m. et 10-0 m., pendant que nous pompions, un aide relevait le tuyau d'aspiration à 30-20 m., etc., afin de permettre la comparaison avec le filet N. qui lui aussi filtre, non pas à une profondeur fixe, mais à une certaine épaisseur : 30-20 m., etc. Quant aux résultats, il fallait, pour les comparer avec ceux obtenus avec le filet, multiplier le nombre d'individus de chaque espèce présents dans 20 l. d'eau filtrée avec le filet (puisque l'on pompait quatre fois 20 l.). Pour cela, il faut multiplier par 40 le nombre d'individus de chaque espèce pour obtenir le nombre total dans la pêche entière, diviser ce total par le nombre de litres filtrés, et enfin multiplier ce dernier chiffre par 20. On peut alors comparer les résultats fournis par le filet et par la pompe. (Tableaux n°s 14 et 15.)

Le tableau suivant établit la relation entre le nombre d'individus recueillis dans 20 l. d'eau au moyen de la pompe et le filet NANSEN 20 :

|                              | 30-20 m. |       | 20-10 m. |       | 10-0 m. I. |       | 10-0 m. II |       |
|------------------------------|----------|-------|----------|-------|------------|-------|------------|-------|
|                              | Filet    | Pompe | Filet    | Pompe | Filet      | Pompe | Filet      | Pompe |
| <i>D. gracilis</i> . . . .   | 41       | 26    | 93       | 44    | 250        | 99    | 304        | 99    |
| <i>C. strenuus</i> . . . .   | 5        | 3     | 8        | —     | 10         | 3     | 5          | 3     |
| <i>C. leuckarti</i> . . . .  | 81       | 42    | 153      | 72    | 52         | 28    | 51         | 28    |
| <i>J. Cyclops</i> . . . .    | 67       | 29    | 145      | 69    | 96         | 57    | 96         | 57    |
| <i>Nauplius</i> . . . .      | 210      | 51    | 59       | 23    | 33         | 10    | 41         | 10    |
| <i>Noth. longispina</i> . .  | 9        | 3     | 34       | 9     | 36         | 4     | 47         | 4     |
| <i>Anurea cochlearis</i> . . | 5        | 9     | 15       | 14    | 30         | 18    | 36         | 18    |
| <i>Pol. platyptera</i> . . . | 2        | 2     | 5        | 7     | —          | —     | —          | —     |

La supériorité du filet sur la pompe est nettement mise en relief par les chiffres ci-dessus : la proportion d'individus de chaque espèce est toujours plus grande avec le filet qu'avec la pompe. Les quelques exceptions se rapportent à des chiffres très petits. Or, nous avons déjà vu que ces chiffres ne sont pas significatifs, qu'ils sont dus au hasard de la pêche et de l'endroit choisi.

#### Remarques sur les pêches effectuées avec la pompe Baudin.

1. Il est impossible d'évaluer volumétriquement les résultats, la quantité de plancton recueillie dans 20 l. d'eau étant trop minime (à peine  $\frac{1}{10}$  de  $\text{cm}^3$ ). De plus, les débris du tuyau d'aspiration forment la majeure partie de ce volume.

2. On constate l'absence complète de *Bythotrephes*, *Daphnia*, *Bosmina*. Ces espèces ne sont pas recueillies par la pompe; elles fuient le courant d'aspiration. Les autres grandes espèces absentes à cette époque, telles que *Leptodora*, *Sida*, *Diaphanosoma*, ne seraient très probablement pas capturées non plus.

Du reste, les résultats de BAUDIN montrent que cet auteur n'a trouvé dans toutes ses pêches qu'un *Bythotrephes*, jamais une seule *Leptodora*. Les tableaux de BAUDIN indiquent que *Sida*, *Daphnia*, *Bosmina* sont souvent absentes, ne sont jamais abondantes dans les pêches où elles ont été recueillies.

3. Même les Rotateurs pourvus de faibles organes de locomotion sont plus nombreux dans les pêches faites avec le filet 20 que dans celles effectuées avec la pompe. Seul le phytoplancton est entièrement recueilli, grâce à sa passivité.



4. Au point de vue de la répartition verticale (et en tenant compte des remarques faites au sujet des grandes espèces), les résultats de la pompe et du filet concordent. Il n'y a qu'une différence de degré, de quantité. Ainsi la pompe indique un maximum pour les espèces suivantes :

|                           |                  |                         |                              |
|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------------------|
| <i>Diapt. gracilis</i> :  | entre 10 et 0 m. | <i>Nauplius</i> :       | 30-20 m.                     |
| <i>Anur. cochlearis</i> : | 10-0 m.          | <i>Jeunes Cyclops</i> : | 20-0 m.                      |
| <i>Cycl. leuckarti</i> :  | 20-10 m.         | <i>Cycl. strenuus</i> : | répartition égale de 30-0 m. |

Ces résultats concordent avec ceux obtenus avec le filet.

5. Les désavantages de la pompe sont les suivants :

- a) Perte de temps.
  - b) Renseignements incomplets sur la faune pélagique, les grandes espèces n'étant pas capturées.
  - c) Diamètre du tuyau d'aspiration trop petit (environ  $1\frac{1}{2}$  cm.). Pour empêcher autant que possible la fuite des grands crustacés, il faudrait utiliser une pompe beaucoup plus puissante et un tuyau de grand diamètre (5 à 6 cm.), lequel serait fort encombrant et lourd à manier.
6. Lorsque le tuyau d'aspiration est usagé, on constate un grand nombre de débris de tous genres, et spécialement de caoutchouc, provenant de la désagrégation du tuyau d'aspiration, débris obstruant en partie la plaque à compter et empêchant ainsi de tenir compte de tous les Rotateurs.

7. En utilisant la pompe, nous procédions de la façon suivante pour les pêches de 30-20 m., 20-10 m. et 10-0 m. : le compteur de tours qui retenait le tuyau d'aspiration était remonté avec une vitesse telle qu'après 10 m. de levée la pompe avait aspiré 20 l. d'eau. Ici encore, la manière de faire de BAUDIN, lequel pêchait toujours à des profondeurs déterminées, invariables pendant toute la durée des observations, me semble défectueuse. Ainsi cet auteur, ayant jamais pêché entre 20 et 30 m., 30 et 40 m., 40 et 50 m., n'est nullement renseigné sur la population planctonique de ces couches. Or, il peut se produire d'assez grandes variations de faune dans un espace de 10 m. C'est pourquoi nous avons fait une série de pêches aux profondeurs fixes de 24, 23, 22, 21 et 20 m. Les résultats en sont résumés dans les tableaux n<sup>os</sup> 16 et 17.

Ces tableaux montrent :

a) Qu'en multipliant par 20 le nombre d'individus recueillis dans 1 l. à 20 m., et en comparant ce résultat avec le nombre d'individus récoltés dans 20 l. à 20 m., on trouve toujours un nombre plus grand. Il semble donc que le premier litre filtré ramène davantage d'animaux, le courant d'aspiration n'ayant pas encore fait fuir les crustacés. Exemple : *D. gracilis*, 80 et 45 ; *C. strennuus*, 20 et 5 ; *Nauplius*, 60 et 8, etc.

b) Qu'en multipliant par 4 le nombre d'individus recueillis dans 5 l. à 20 m., et en comparant ce chiffre avec le nombre d'individus récoltés dans 20 l. à 20 m., on trouve aussi des chiffres supérieurs. Exemple : *C. leuckarti*, 96 et 78 ; *Nauplius*, 20 et 8 ; *Anurea*, 32 et 6 ; *Pol. platyptera*, 28 et 9, etc. Exception : *D. gracilis*, 28 et 45.

c) Qu'en multipliant par 5 le nombre d'individus recueillis dans 1 l. à 20 m. et en comparant avec 5 l. à 20 m., il y a toujours un excédent du nombre des individus. Exemple : *D. gracilis*, 20 et 7 ; *Nauplius*, 15 et 5 ; *Notholca*, 5 et 2, etc.

Il semble donc bien que l'eau filtrée au début de l'opération amène dans le filet un nombre d'animaux beaucoup plus grand que l'eau pompée dans la suite. L'effet de l'ébranlement que cause le courant d'aspiration est encore faible au commencement de la pêche, les crustacés se laissent prendre, mais peu à peu il se communique à l'eau, et les organismes pourvus d'organes de locomotion suffisamment forts fuient et ne sont plus capturés, ou seulement en très petit nombre.

d) Que la répartition verticale est à peu près égale dans les couches de 20, 21, 22, 23, 24 et 25 m., bien qu'il y ait des différences assez considérables pour certaines espèces, différences qui eussent été plus grandes encore si nous avions continué nos pêches jusqu'à 29 m. Ce qui montre une fois de plus la défectuosité de la méthode BAUDIN.

|                              | 20 m. | 21 m. | 22 m. | 23 m. | 24 m. | 25 m. |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Diapt. gracilis</i> . . . | 45    | 22    | 24    | 16    | 19    | 15    |
| <i>Nauplius</i> . . . . .    | 8     | 27    | 28    | 29    | 18    | 26    |
| <i>Jeunes Cyclops</i> . . .  | 17    | 14    | 16    | 17    | 12    | 13    |

A 20 m. abondent plus particulièrement les *Diapt. gracilis* 45 au lieu de 15 à 25 m., et les *C. leuckarti* : 78 au lieu de 16 à 25 m. ; *Anurea* a son maximum à 25 m. (28 ind., et 6 à 20 m.) ; de même *Nauplius* : 26 ind. à 25 m. et 8 à 20 m.



Nous pensons avoir suffisamment prouvé par tout ce qui précède que, pour l'étude du zooplancton, l'usage du filet est très supérieur à celui de la pompe BAUDIN.

### B. Pompe à plancton de Häny.

Cette pompe, construite par la maison HÄNY, de Meilen, est toute nouvelle. Elle est caractérisée par son transport facile, par le fait que les organismes capturés ne sont pas altérés et par l'adjonction d'une pompe à air qui permet de remplir assez rapidement un seau de 15 l. Nous avons utilisé deux fois cette pompe, une fois de jour et une seconde fois de nuit. Les pêches faites de nuit l'ont été à une profondeur fixe de 2<sup>m</sup>,50. Elles ne peuvent pas être comparées avec celles au filet, car celui-ci capture les organismes sur une certaine épaisseur et non pas seulement à une profondeur déterminée. Les résultats fournis par la pêche de jour sont résumés dans le tableau n° 18.

Les Crustacés étant peu représentés à cette époque et à ces faibles profondeurs, le tableau n° 18 ne permet pas de tirer de conclusion quant à leur façon de se comporter vis-à-vis de la pompe.

*Rotateurs.* — Lorsque l'on remonte de 10 m. le F. N. 12, on filtre un volume d'eau de 1020 l. Nous avons pompé chaque fois 10 l. d'eau. Il faut donc multiplier par 102 les chiffres représentant le nombre total de Rotateurs de chaque espèce. (Nous avons compté intégralement tous les organismes présentés dans les 10 l. d'eau pompés. Ici aussi, les débris de tous genres, très abondants, nous ont gêné lors du dénombrement.) Les chiffres suivants indiquent le nombre total d'individus de chaque espèce.

|              |                            | Pompe  | Filet N. 12 |
|--------------|----------------------------|--------|-------------|
| 20 — 10 m. : | <i>Notholca longispina</i> | 24.072 | 17.000      |
|              | <i>Anur. cochlearis</i>    | 62.424 | 28.560      |
|              | <i>Pol. platyptera</i>     | 11.000 | 1.280       |
| 10 — 0 m. :  | <i>Notholca longispina</i> | 15.096 | 14.080      |
|              | <i>Anur. cochlearis</i>    | 61.608 | 51.840      |
|              | <i>Pol. platyptera</i>     | 4.896  | 2.880       |

On constate donc que les Rotateurs sont capturés en grand nombre avec la pompe. Remarquons cependant que nous

comparons ici les pêches faites au moyen de la pompe HÄNY avec les résultats obtenus en utilisant le F. N. 12. Avec le F. N. 20, le nombre d'individus capturés dans le même volume d'eau eût été encore beaucoup plus considérable. (Sur les nombres respectifs de Rotateurs recueillis avec le F. 12 et le F. 20, consulter les tableaux n<sup>os</sup> 5 et 6.)

La nouvelle pompe est donc très recommandable pour celui qui désire étudier le Phytoplancton ou les Rotateurs. Les conclusions auxquelles nous sommes arrivé avec la pompe à ailettes restent les mêmes : la pompe est excellente pour capturer les organismes passifs ou pourvus de faibles appareils locomoteurs.

---



### III. BIOLOGIE

#### CHAPITRE PREMIER

#### Variations quantitatives annuelles.

Le lac de Neuchâtel, comme le Léman et d'autres lacs suisses, présente annuellement deux maxima et deux minima dans la production de plancton, à l'encontre des lacs de l'Allemagne du nord qui ne présentent qu'un maximum et un minimum. Les planches VII à X représentent les courbes annuelles moyennes de plancton pour des profondeurs déterminées. On voit que, pour une même année, il y a parallélisme des courbes, c'est-à-dire que lorsqu'il y a maximum pour une certaine profondeur, 20 m. par exemple, il y a également maximum pour les autres profondeurs, 10 m., 30 m., etc. L'on est frappé en tout premier lieu de constater le déplacement des minima et maxima d'une année à l'autre. Le tableau ci-dessous indique ces déplacements :

#### *Lac de Neuchâtel.*

| <i>Années</i> | <i>1<sup>er</sup> minimum</i> | <i>1<sup>er</sup> maximum</i> | <i>2<sup>me</sup> maximum</i> | <i>2<sup>me</sup> minimum</i> |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1897-1898     | Février-Mars                  | Mai                           | Août-Sept.                    | Octobre                       |
| 1900          | Février-Mars                  | Juillet                       | Décembre                      | Novembre                      |
| 1917          | Février                       | Juin                          | Novembre                      | Nov.-Déc.                     |
| 1919-1920     | Juillet                       | Mai                           | Septembre                     | Nov.-Déc.                     |

YUNG, qui avait établi l'existence de deux maxima et de deux minima dans le Léman, avait également été frappé par ce déplacement, et il s'exprimait ainsi à ce sujet :

« Nous voyons qu'en 1900 et 1901 il y eut un grand et un petit maximum. Mais le premier se montra au mois de janvier (au lieu de mai) et le petit au mois de juillet (1901) et de novembre (1900) au lieu du mois de décembre. On conviendra que ces données sont tout à fait déconcertantes. Quant aux minima, ils coïncidèrent avec le mois d'avril en 1900 et 1901, et les mois de septembre (1900) et d'août (1901). »

Le maximum des lacs de Plön et Dobersdorf, étudiés par ZACHARIAS, a lieu en août, et le minimum en mars. LINDER a constaté dans le lac de Bret un maximum absolu en automne (septembre 1903 et octobre 1904), et trois minima absolus (novembre 1902, mars et mai 1903). De plus, le lac de Bret est remarquablement riche en plancton. (Voir LINDER : *Etude de la faune pélagique du lac de Bret*, page 170.)

Dans le lac de Neuchâtel, le premier maximum, qu'il se produise en mai, juin ou juillet, est toujours dû au développement considérable du phytoplancton. Le second maximum (en général septembre-novembre) est causé par le développement des *Copépodes* et des *Bosmines*. Le premier minimum est dû au petit nombre d'individus de chaque espèce, le second à l'absence presque complète des *Cladocères*.

Il semble que la distribution du plancton est plus capricieuse dans le Léman que dans notre lac : « Le petit maximum de décembre, constaté en 1898 pour les profondeurs de 10 et de 20 m., dit YUNG, faisait défaut pour la profondeur de 5 m. En 1900, pendant que la courbe s'élevait de juillet à août pour les profondeurs de 5 et 10 m., elle s'abaissait au contraire pour la profondeur de 20 m. » Nous avons déjà dit que de semblables irrégularités ne se produisent pas dans le lac de Neuchâtel.

Les tableaux nos 20, 21, 22 et 23 représentent les quantités de plancton recueillies sous 1 m<sup>2</sup> de surface, à diverses profondeurs. C'est d'après les chiffres de ces tableaux qu'ont été construites les courbes moyennes annuelles du plancton (planches VII à X).

Nos tableaux de dénombrement indiquent à quelles espèces sont dus, chaque année, les maxima et les minima :

|        |                        |                                                                                                          |
|--------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1900 : | 1 <sup>er</sup> max. : | Phytoplancton. <i>Daphnia</i> . <i>Bosmina</i> . Beaucoup de Rotateurs.                                  |
|        | 2 <sup>me</sup> max. : | Grand développ <sup>t</sup> des Copépodes, surtout de <i>D. gracilis</i> . Beaucoup de <i>Nauplius</i> . |
|        | 1 <sup>er</sup> min. : | Petit nombre d'individus de chaque espèce.                                                               |
|        | 2 <sup>me</sup> min. : | <i>Id.</i> Absence presque complète de Cladocères.                                                       |
| 1917 : | 1 <sup>er</sup> max. : | Phytoplancton. Grand développement des Rotateurs.                                                        |
|        | 2 <sup>me</sup> max. : | Beaucoup de <i>C. strenuus</i> et de <i>Nauplius</i> .                                                   |
|        | 1 <sup>er</sup> min. : | Peu d'individus de chaque espèce.                                                                        |
|        | 2 <sup>me</sup> min. : | Disparition des Cladocères. Peu de Rotateurs.                                                            |



- 1919 — 1920 : 1<sup>er</sup> max.: Phytoplancton.  
2<sup>me</sup> max.: Beaucoup de Copépodes, surtout de *Jeunes Cyclops* et *Diaptomus*.  
1<sup>er</sup> min.: Peu de Copépodes.  
2<sup>me</sup> min.: Pas de Cladocères. Toutes les espèces sont peu représentées.

Quant à la cause des déplacements des maxima et minima, LOZERON s'exprime ainsi : « Si nous étudions les relations de la quantité totale du plancton avec les périodes de convection et de stratification, nous constatons : Le premier maximum correspond à la fin de la période de circulation et au commencement de la stratification ; le second à la fin de la période de stratification. Les minima se trouvent au commencement de la période de grande circulation et au commencement de la stratification. »

Un coup d'œil sur le tableau, page 87, montre que ceci peut se vérifier avec plus ou moins de précision, mais que parfois aussi il y a de sérieux écarts. En effet, le premier maximum, qui devrait correspondre, selon LOZERON, au commencement de la stratification, n'a lieu qu'en juillet en 1900 et qu'en juin en 1917, alors que la stratification est déjà établie. De même, le second maximum, qui se produit en août-septembre en 1897-98, ne correspond pas à la fin de la période de stratification.

Les périodes de circulation et de stratification dépendant de la température, peut-on établir une relation entre celle-ci et la quantité moyenne annuelle de plancton ? Le tableau n° 64 donne les températures mensuelles moyennes de l'atmosphère pour les années 1898, 1900, 1906 et 1917.

Nous avons dressé dans les planches III à VI les courbes annuelles moyennes du plancton et de la température. L'examen de ces courbes ne nous permet pas d'établir une relation certaine entre l'époque des maxima et des minima de plancton et ceux de température. La courbe de la température présente la même allure dans toutes les planches : un maximum en juillet-août, suivi d'une chute graduelle de la température. Or si, en 1900 et en 1917, ce maximum semble correspondre avec celui du plancton (le premier, dû au phytoplancton), ce n'est point le cas pour les années 1898 et 1906, où le premier maximum de plancton se produit 2-3 mois avant celui de la température. Dès lors, nous ne pouvons pas dire du facteur température qu'il est prédominant dans l'apparition des maxima et minima du plancton. En 1906, une multiplication

énorme du plancton s'est produite en quelques jours, sans que la température ait sensiblement varié.

*Conclusion.* — Nous ne pensons pas qu'un seul des facteurs généralement invoqués : température, circulation ou stratification des eaux, puisse à lui seul expliquer la date d'apparition des maxima et minima du plancton. Ceux-ci dépendent sans doute de facteurs fort complexes et difficiles à isoler, parmi lesquels ceux que nous avons étudiés jouent probablement un certain rôle.

---

## CHAPITRE II

### Répartition horizontale.

Chaque auteur s'occupant de planctologie s'est posé cette question : la répartition horizontale du plancton est-elle régulière ou irrégulière ? Il s'est naturellement formé deux clans opposés, mais on constate que les auteurs qui admettent la répartition horizontale uniforme sont en majorité. Parmi eux, citons : SCHÖTER, FRANCÉ, BACHMANN, BURCKHARDT, FUHRMANN, LOZERON, APSTEIN, STEUER, BIRGE, AMBERG, FOREL, etc. Dans le camp opposé se rangent ZACHARIAS, BLANC, YUNG, HEUSCHER, WALDVOGEL, GANDOLFI-HORNYOLD et ALMEROOTH, etc. Disons tout de suite que, parmi ces derniers, il en est, tel YUNG, qui ont comparé des observations faites sur les différents bassins d'un même lac (YUNG : Petit lac, vis-à-vis de l'Ariana, et Léman vis-à-vis de Montreux), où les conditions biologiques ne sont pas identiques, et qui, en conséquence, ont trouvé de sérieuses différences d'un bassin à l'autre. Il semble du reste qu'à l'intérieur d'un même bassin la répartition horizontale est uniforme.

Citons l'opinion de quelques auteurs :

LOZERON : « Dans le lac de Zurich proprement dit, deux régions opposées ne montrent que de très faibles différences quantitatives et qualitatives du plancton. On ne remarque pas de saut brusque pour aucun organisme en passant d'une région dans une autre. »



LINDER : « Nous dirons donc que, sans être absolument uniforme, la répartition horizontale dans le lac de Bret n'est pas assez inégale pour justifier l'hypothèse des « essaims ». ... Il semble y avoir plutôt d'un point à l'autre des différences graduelles dans la densité de la population pélagique, mais non des noyaux isolés de concentration. La densité paraît, du reste, décroître par zones, de la périphérie au centre de la région pélagique. »

BIRGE : « In general, there is no evidence of swarms in my observations, either of all the crustacea of single species. »

WARD : « From the evidence obtained here and elsewhere, I am led to believe that swarms of the entire plankton do not exist... The total amount of plankton does vary, but it varies in accord with the depth, and beyond this there are no variations considerable enough to warrant the assumption of the existence of swarms... »

BURCKHARDT : « Wir kommen also zum Schluss, dass auch wir, wie die andern Planktologen, keine Beobachtungen gemacht haben, die mit Sicherheit auf eigentlich ungleichmässige horizontale Verteilung innerhalb eines Seebezirkes schliessen liessen... Unterscheide, die den Ausdruck « Schwarm » rechtfertigen würden, kommen überhaupt nicht vor. »

FOREL : « D'une part, j'estime probable que les animaux à mouvements actifs, suffisamment mobiles pour se déplacer d'une manière effective, peuvent se réunir en bandes, en troupes ; je le crois en particulier de ceux qui subissent ou plutôt exécutent les migrations verticales journalières, qui montent à la surface la nuit pour redescendre dans les couches moyennes le jour ; ainsi des Entomostracés et des Rotateurs. Pour ces animaux, la distribution peut être assez irrégulière, et comme ils forment une proportion notable du plancton, de ce fait l'évaluation quantitative de la matière organique figurée est soumise à des irrégularités assez étendues. D'autre part, les organismes immobiles, passifs ou à mouvements trop restreints doivent être distribués d'une manière assez uniforme dans les couches superposées du lac : Protozoaires à mouvements actifs, mais peu étendus, algues seulement soumises aux faits de convection hydrostatique, spores d'algues et de Diatomés, aux mouvements automates, sans direction constante ; je ne puis croire qu'ils s'agglomèrent en troupes ou en vols... J'admets donc une répartition uniforme du plancton en général, avec concentration probable en



troupes des Entomostracés et de quelques Rotateurs. Il y a donc lieu de ne pas attribuer une précision trop absolue aux évaluations quantitatives du plancton. »

Il s'agissait de tirer au clair la question pour le lac de Neuchâtel, où des observations complètes n'avaient pas encore été publiées. Parmi le matériel FUHRMANN dont nous disposions se trouvaient des pêches faites dans le but d'étudier la répartition horizontale et dont les résultats concordent avec les nôtres.

Nous avons procédé de la manière suivante : Le filet était descendu à une certaine profondeur, 25 m. par exemple, en plusieurs endroits différents, éloignés les uns des autres d'au moins 500 m. Il s'agissait de pêcher, non pas dans un espace restreint où les conditions d'existence risquent d'être fort semblables, mais, autant que possible, dans un champ assez vaste, où les conditions biologiques peuvent varier. Ainsi, nous avons, le 1<sup>er</sup> mai 1920, traversé le lac, de Neuchâtel à Portalban, en nous arrêtant tous les kilomètres et en pêchant chaque fois à 25 m. Nous nous trouvions tantôt très près du fond, tantôt très éloigné, et cependant, comme nous allons le voir, les résultats des différentes pêches ont concordé. Les tableaux n<sup>os</sup> 24, 25, 26, 27 et 28 se rapportent à la répartition horizontale.

Comme nous l'avons dit précédemment, les petits chiffres ne sont pas significatifs ; ils représentent des espèces rares, fort disséminées, et dont la capture est due en bonne partie au hasard. Aussi n'en tiendrons-nous pas compte pour la répartition horizontale. A part cela, les tableaux présentent une remarquable uniformité dans leurs résultats. Parfois, il y a un écart assez brusque de la moyenne du nombre d'une espèce, mais le fait reste isolé, et dans une colonne de sept pêches il y a toujours cinq ou six chiffres très voisins les uns des autres.

A la lumière de ces faits, nous pouvons donc conclure que, *dans le lac de Neuchâtel, la répartition horizontale du plancton est uniforme, même à des profondeurs très différentes.* Il ne faut point attribuer un sens trop strict à ce terme d'« uniforme ». Des variations locales temporaires sont toujours possibles. Mais, dans son ensemble, le lac de Neuchâtel présente une grande régularité dans la distribution horizontale du plancton. L'on n'est pas exposé à pêcher en un endroit un volume donné de plancton et à en recueillir le double ou le triple quelques cents mètres plus loin.



Il nous reste encore à dire quelques mots des

*Essaims.* — On entend par essaim une agglomération d'individus d'une ou de plusieurs espèces en un même endroit.

Ainsi, le 8 décembre 1906, dans une pêche de 30-0 m., se trouvèrent 21 *Byth. longimanus*, alors que d'autres pêches effectuées à la même profondeur, le même jour, n'en ramènèrent que 2 ou 3 ou pas du tout. De même, l'une de ces pêches ramena 2200 *Bosmina*, alors que les autres n'en recueillirent que 2-400. Un exemple plus frappant encore est celui-ci : Le 3 septembre 1919, nous fîmes toute une série de pêches de 20-0 m. avec le F. 12. Aucune pêche ne nous rapporta un grand nombre de *Sida* ou de *Daphnia*, sauf deux, qui présentèrent respectivement 200 et 920 *Daphnia* et 480 et 800 *Sida*.

En faisant des pêches suivies de plancton, on tombe donc parfois sur un essaim. Mais le cas reste rare. Sur le total de nos nombreuses pêches (425), nous n'avons observé qu'une dizaine d'essaims, soit le 2 % environ. Chose curieuse, les quelques essaims que nous avons observés étaient toujours formés des mêmes espèces : *Sida* — *Daphnia* — *Bosmina* — *Bythotrephes* — *Leptodora*. Il semble que les Copépodes et les Rotateurs ne se réunissent pas occasionnellement en bandes, en troupes, comme les espèces précitées. La répartition horizontale des Copépodes et des Rotateurs ne présente jamais, dans le lac de Neuchâtel, de grandes anomalies. Elle reste toujours plus ou moins uniforme.

Lorsque l'on parle de répartition horizontale uniforme, il faut faire une restriction nécessaire pour les essaims, par quoi l'on sous-entend que la régularité de distribution du plancton peut accidentellement être troublée par l'accumulation d'un grand nombre d'individus d'une ou de plusieurs espèces en certains endroits où les conditions d'existence (nutrition — température — calme — courants, etc.) sont plus favorables. Néanmoins, ceci reste une exception.

### CHAPITRE III

#### Résultats statistiques des années 1900, 1917, 1919-1920.

Nos dénombrements ont porté essentiellement sur les pêches faites en 1900, 1917 et 1919-20. Nous reproduisons dans les tableaux n<sup>os</sup> 29 à 42 les chiffres se rapportant à ces années, en laissant de côté provisoirement ceux relatifs aux autres années.

---

### CHAPITRE IV

#### Périodicité.

Les tableaux se rapportant au chapitre précédent permettent d'établir les cycles vitaux pour les années 1900, 1917 et 1919-20. Il nous est ainsi facile d'établir un parallèle entre les trois années et de voir si les cycles vitaux sont identiques dans les différentes années, ou, au contraire, s'ils varient d'une année à l'autre.

Dans les tableaux n<sup>os</sup> 43 à 46, nous avons désigné par les termes de maximum, abondant, commun, rare et très rare, les quantités plus ou moins grandes d'individus d'une espèce. Il est évident qu'il ne faut pas donner de valeur absolue à ces termes et que l'on peut passer d'une colonne à l'autre (par exemple de la colonne Abondant à celle Commun) sans augmentation ou diminution brusque. Certains chiffres pouvaient aussi bien être placés dans une colonne ou dans une autre ; nous les avons disposés pour le mieux.

Disons encore que les termes précités n'ont pas la même signification pour toutes les espèces, en ce sens que le maximum pour *D. gracilis*, par exemple, n'est pas égal en nombre d'individus au maximum pour *Noth. longispina* ou pour telle autre espèce. Le chiffre le plus grand par lequel une espèce est représentée au cours d'une année est désigné sous le terme



de maximum, puis les chiffres plus petits sont désignés, par ordre décroissant, sous les termes d'abondant, commun, etc.

*Remarque.* — Nous constatons donc ce qui suit au sujet des cycles vitaux des espèces étudiées pendant les diverses années (en tenant compte, non pas d'une seule année, mais des diverses années étudiées) :

*Diaptomus gracilis.* — Présente son expansion maximale en été et au commencement de l'automne. *D. gracilis* est une espèce représentée pendant tous les mois de l'année, aucune pêche n'en manquait. Le plus faible développement a lieu en hiver.

*Diaptomus laciniatus.* — Cette espèce, habitant de préférence les grandes profondeurs (80-50 m.), ne se trouve jamais en grande abondance. Son maximum peut être placé en août ou septembre. Elle est faiblement représentée durant l'été et l'automne, et absente le reste de l'année.

*Cyclops strennuus.* — C'est également une espèce vivant en profondeur. Son maximum varie peu d'une année à l'autre et a lieu au commencement de l'été (mai-juin). Cette espèce est bien représentée durant l'été, elle se fait plus rare en hiver, pour recommencer à se développer au printemps. Un second maximum peut se produire en novembre.

*Cyclops leuckarti.* — Présente deux maxima de développement, l'un en mai, l'autre à la fin de l'automne (septembre à novembre). Bien représentée en été, cette espèce diminue en hiver.

*Jeunes Cyclops.* — Sont présents toute l'année dans le plancton avec une plus ou moins grande abondance. Le maximum peut être placé à la fin de l'été ; il suit une période où les jeunes Cyclops sont peu représentés.

*Jeunes Diaptomus.* — Ils sont aussi signalés durant toute l'année. Leur nombre va en décroissant du printemps (où se trouve le maximum) à l'hiver, où ils se font très rares.

*Nauplius.* — Nous n'avons pas fait la différence entre *Nauplius* de *Cyclops* et *Nauplius* de *Diaptomus*. Toutes nos pêches ont ramené des *Nauplius* en nombre plus ou moins grand. C'est dire qu'ils sont présents toute l'année dans la faune pélagique. Le premier maximum se trouve au début du printemps (mars-avril) et le second, s'il existe, a lieu en sep-

tembre. Fort bien représentés en automne et en hiver, ils se font généralement plus rares en été.

*Bythotrephes longimanus*. — Cette espèce a toujours été comptée intégralement. Il est difficile d'établir un cycle vital sur des chiffres toujours faibles. Cependant, son maximum peut être placé en été (de juin à août). Le nombre des individus varie peu d'une saison à l'autre. Cette espèce est très rare, peut-être même absente chaque année, en avril-mai.

*Leptodora hyalina*. — Cette superbe espèce présente, comme la précédente qu'elle accompagne presque toujours, son maximum en été (juin à août). Elle se fait tout de suite plus rare, et même disparaît totalement de décembre à avril.

*Sida*. — L'espèce dont il s'agit est *Sida limnetica*. Maximum également en août et septembre. Grand développement pendant l'été et diminution progressive jusqu'en novembre-décembre. Absente durant les premiers mois de l'année, cette espèce réapparaît au printemps en petit nombre.

*Daphnia hyalina*. — Son cycle vital est identique au précédent. Cependant, *Daphnia* est toujours représentée par un plus grand nombre d'individus que *Sida*.

*Bosmina (coregoni et longirostris)*. — Espèces bien représentées en été, avec maximum en mai-juin. Le reste de l'année, ces deux espèces sont signalées, mais toujours en faible quantité. Elles peuvent être absentes durant les mois d'hiver. Un second maximum apparaît parfois en décembre (FUHRMANN).

*Notholca longispina*. — Ce rotateur est signalé toute l'année dans le plancton. Son maximum a lieu en été (mai-juillet) et il reste abondant durant l'automne. En hiver, le nombre d'individus diminue et ne commence à s'accroître qu'en avril-mai.

*Anurea cochlearis*. — Cycle à très peu de chose près identique au précédent. Cette espèce peut être absente certains mois (fin hiver).

*Polyarthra platyptera*. — Lorsque a lieu le maximum de développement de cette espèce, c'est-à-dire en juillet-août-septembre, le filet fin en capture un nombre prodigieux. Le nombre d'individus reste grand tout l'été, mais diminue sensiblement en automne et même se réduit à zéro durant les premiers mois de l'année.



*Triarthra longiseta*. — Cette espèce n'est jamais représentée par un grand nombre d'individus. Son maximum a également lieu en été (mai ou juillet), puis elle diminue rapidement jusqu'à la fin de l'automne. Très rare de septembre ou octobre à mars, cette espèce peut même disparaître complètement.

*Comparaison avec d'autres lacs*. — Nous avons comparé nos observations avec celles faites dans le lac de Zurich par LOZERON et par HEUSCHER, et avec celles de BURCKHARDT dans le lac des Quatre-Cantons.

HEUSCHER a aussi constaté, comme nous l'avons fait pour le lac de Neuchâtel, que les espèces du plancton peuvent présenter, selon les années, leurs maxima et leurs minima à des époques différentes, suivant les conditions biologiques propres aux diverses années. Il peut y avoir déplacement de 1 à 2 mois d'un maximum ou d'un minimum. Mais, dans leur ensemble, et d'une manière générale, les organismes pélagiques présentent des cycles vitaux identiques d'une année à l'autre.

Si l'on compare la périodicité du zooplancton dans les trois lacs cités, on observe une remarquable identité de développement des diverses espèces. Souvent, le maximum d'une espèce se produit à la fois dans les trois lacs, ainsi que le minimum. Les dates d'apparition et de disparition concordent en général. On doit conclure de cela que les conditions biologiques d'existence des êtres pélagiques des trois lacs cités diffèrent peu.

Voici du reste les cycles vitaux des principales espèces dans chacun des trois lacs :

*Diapt. gracilis* :

|                    |             |                          |        |                            |
|--------------------|-------------|--------------------------|--------|----------------------------|
| de Neuchâtel       | 1 ou 2 max. | { mai-juin<br>(novembre) | min. : | hiver                      |
| de Zurich          | 2 max.      | { juin<br>décembre       | »      | février-avril              |
| des Quatre-Cantons | 2 max.      | { mai<br>janvier         | » {    | mars, octobre-<br>novembre |

*Diapt. laciniatus* :

|                    |        |            |        |                                |
|--------------------|--------|------------|--------|--------------------------------|
| de Neuchâtel       | max. : | août-sept. | Abst : | hiver comm <sup>t</sup> print. |
| des Quatre-Cantons | » :    | oct.-nov.  | »      | avril-juin                     |

*Cycl. strenuus :*

|                        |        |                            |             |                             |
|------------------------|--------|----------------------------|-------------|-----------------------------|
| Lac de Neuchâtel       | 2 max. | { mai<br>novembre          | très rare : | mars (été)                  |
| Lac de Zurich          | 2 max. | { juin-juillet<br>novembre | 2 min.      | { février-mars<br>septembre |
| Lac des Quatre-Cantons | 2 max. | { juin<br>nov.-déc.        | 2 min.      | { février-mai<br>septembre  |

*Cycl. leuckarti :*

|                        |        |                     |        |            |
|------------------------|--------|---------------------|--------|------------|
| Lac de Neuchâtel       | 2 max. | { mai<br>sept.-oct. | min. : | hiver      |
| Lac des Quatre-Cantons | max.   | juillet-août        | »      | <i>id.</i> |

*Byth. longimanus :*

|                        |        |           |                |              |
|------------------------|--------|-----------|----------------|--------------|
| Lac de Neuchâtel       | max. : | juin-août | min. ou abst : | hiver-print. |
| Lac de Zurich          | »      | automne   | »              | déc.-juillet |
| Lac des Quatre-Cantons | »      | juin-août | »              | nov.-mai     |

*Lept. hyalina :*

|                        |        |               |                |              |
|------------------------|--------|---------------|----------------|--------------|
| Lac de Neuchâtel       | max. : | juin-août     | min. ou abst : | déc.-avril   |
| Lac de Zurich          | »      | juillet-sept. | »              | hiver-print. |
| Lac des Quatre-Cantons | »      | août          | »              | nov.-mai     |

*Daphn. hyalina :*

|                        |        |                         |        |               |
|------------------------|--------|-------------------------|--------|---------------|
| Lac de Neuchâtel       | max. : | août-sept.              | min. : | janvier-avril |
| Lac de Zurich          | 2 max. | { juin-août<br>novembre | »      | septembre     |
| Lac des Quatre-Cantons | 2 max. | { novembre<br>janvier   | »      | février-mai   |

*Bosmina :*

|                        |        |                   |      |                          |
|------------------------|--------|-------------------|------|--------------------------|
| Lac de Neuchâtel       | 2 max. | { mai<br>décembre | min. | { août-sept. et<br>hiver |
| Lac de Zurich          | 2 max. | <i>id.</i>        | »    | <i>id.</i>               |
| Lac des Quatre-Cantons | 2 max. | <i>id.</i>        | »    | <i>id.</i>               |

Quant aux *Rotateurs*, il est inutile de citer chaque espèce particulière : l'analogie est encore plus frappante. Maxima et minima apparaissent, dans la règle, simultanément. Le grand développement se fait dans les trois lacs en été (juin-août suivant les espèces), et le minimum a lieu à la fin de l'hiver et au commencement du printemps (avec disparition complète pour certaines espèces).



Qu'en est-il des petits lacs ? La comparaison de la périodicité du plancton d'un grand lac avec celle d'un petit lac présentera-t-elle la même analogie ou en différera-t-elle ? AMBERG a établi comme suit les cycles vitaux de quelques espèces du Katzenssee (petit lac) :

|                                |                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Copépodes</i> :             | Maximum : août (1898)                  |
|                                | Minimum : avril-mai et décembre (1898) |
| <i>Cladocères</i> :            | Maximum : août (1898)                  |
|                                | Minimum : janvier (1898)               |
|                                | décembre (1899)                        |
| <i>Anurea cochlearis</i> :     | Maximum : avril-mai (1898)             |
|                                | Minimum : juin (1898)                  |
| <i>Triarthra longiseta</i> :   | Maximum : février (1898)               |
|                                | Rare : mai et décembre (1898)          |
| <i>Polyarthra platyptera</i> : | Maximum : avril (1898)                 |
|                                | Minimum : mars (1899)                  |
|                                | juin (1898)                            |

Nous remarquons donc :

1. Que les *Copépodes* présentent leur maximum un peu plus tard dans le Katzenssee que dans nos grands lacs. De même pour leur minimum qui a lieu au printemps ou en hiver.
2. Que les *Cladocères* ont un cycle vital à peu près identique (du moins en 1898) à celui qui se produit dans les grands lacs.
3. Que les *Rotateurs* s'épanouissent plus tôt dans le Katzenssee.

Le maximum de *Anurea*, *Polyarthra* et *Triarthra* a lieu en février ou avril, tandis que dans les lacs de Neuchâtel, Zurich et des Quatre-Cantons il se produit en juin-juillet-août.

De même, dans le Katzenssee, les minima des différentes espèces de Rotateurs suivent de près leur plus grand développement et se produisent donc plus tôt que dans les grands lacs.

Ces divergences dans les cycles vitaux résultent des conditions physiques et chimiques passablement différentes dans les grands et dans les petits lacs.

*Conclusions* (lac de Neuchâtel) :

a) *Copépodes*. — Ils sont en général présents toute l'année dans le plancton. Leur cycle vital peut, pour une même espèce, varier quelque peu d'une année à l'autre. C'est ainsi qu'on

observe, par exemple, le déplacement du maximum d'un mois ou deux, pour une espèce donnée, suivant les années. Mais d'une façon générale le cycle vital d'une espèce se reproduit identique à lui-même d'une année à l'autre.

b) *Cladocères*. — Les cycles vitaux des différentes espèces de cladocères présentent une grande analogie. Le maximum de développement de tous les cladocères a lieu en été, et pour toutes les espèces également il y a diminution du nombre des individus et même disparition pour certaines espèces (*Lep-todora*) pendant l'automne et le commencement de l'hiver. Les cycles vitaux ne varient pour ainsi dire pas d'une année à l'autre.

c) *Rotateurs*. — Les rotateurs que nous avons étudiés sont de beaucoup les plus abondants dans le plancton. Les autres espèces de rotateurs, beaucoup plus rares, sont moins souvent signalées. Le cycle vital d'une espèce donnée de rotateur se reproduit identique à lui-même d'une année à l'autre. Pris dans leur ensemble, les cycles vitaux des quatre espèces de rotateurs étudiés sont identiques.

On peut donc dire d'une manière générale que, quelles que soient les conditions physiques ou chimiques réalisées au cours des diverses années, les cycles vitaux des principales espèces du zooplancton ne varient pas sensiblement d'une année à l'autre.

## CHAPITRE V

### Répartition verticale.

Le plancton n'est pas réparti régulièrement dans les diverses couches du lac. Il présente toujours un maximum de quantité à une certaine profondeur. Ce maximum est variable selon les saisons ; il peut se déplacer verticalement au cours d'une même journée.

De nombreux facteurs influencent la répartition verticale du plancton. Ce sont notamment l'état du ciel, découvert ou nuageux, l'éclairement direct ou indirect du soleil, la clarté de la lune, la transparence, la nourriture, etc. La part qui



revient à chacun de ces facteurs est parfois malaisée à faire, mais l'on peut souvent préciser (suivant le moment où l'on pêche) lequel de ces facteurs est prédominant.

Nous avons déjà parlé des maxima et des minima annuels dans la quantité de plancton, et nous n'y revenons pas.

Nous étudierons ici la répartition verticale de chaque espèce aux diverses époques de l'année. D'une manière générale, le maximum de plancton se trouve toujours dans les couches superficielles du lac, entre 15 et 30 m. ; toutefois, il peut descendre au-dessous, dans la couche de 20 à 40 m. Les couches voisines de la surface (3-0 m. environ) sont peu habitées, car elles sont trop exposées à la lumière du soleil. Notons cependant que leur population augmente beaucoup lorsque le ciel se couvre et qu'elles ne subissent plus l'inso-lation directe. En temps ordinaire, ces couches ne sont habi-tées que par quelques rotateurs, notamment par *Polyarthra*, *Anurea*, *Notholca* et par le phytoplancton. L'on y trouve aussi une quantité de jeunes *Bosmina*, lors du maximum de déve-loppement de cette espèce.

Pour illustrer cette faible quantité de plancton dans les couches supérieures, citons quelques chiffres. Le 22 mars 1920, nous avons récolté 0<sup>cm³</sup>,2 de plancton de 2,40 - 0 m., et 0<sup>cm³</sup>,25 de 2,50 - 0 m. Le 7 juillet 1920, nous obtenions 0<sup>cm³</sup>,05 de 1-0 m., 0<sup>cm³</sup>,2 de 2,50 - 0 m., et 0<sup>cm³</sup>,25 de 5-0 m. (Comparer avec le tableau ci-dessous, qui indique les volumes récoltés dans les couches moyennes et profondes.) Nous pourrions mul-tiplier les exemples. Tous présentent des résultats analogues.

Les couches profondes sont bien peuplées. La quantité de plancton ne diminue véritablement qu'au-dessous de 80 m. Au-dessus, toutes les couches sont fort bien habitées. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, les quantités de plancton étaient les suivantes, le 7 juillet 1920, aux diverses profondeurs :

7 juillet 1920.

| m.        | cm <sup>3</sup> | m.      | cm <sup>3</sup> |
|-----------|-----------------|---------|-----------------|
| 145 — 120 | 0,3             | 50 — 40 | 0,6             |
| 120 — 100 | 0,2             | 40 — 30 | 0,4             |
| 100 — 80  | 1               | 30 — 20 | 0,5             |
| 80 — 60   | 2               | 20 — 10 | 1,05            |
| 60 — 50   | 1,1             | 10 — 0  | 0,55            |

Notons que la profondeur maximale du lac est de 153 m. Nous constatons donc que le lac de Neuchâtel est habité jusque dans ses plus grandes profondeurs.

Les observations faites par BURCKHARDT dans le lac des Quatre-Cantons confirment ce qui précède. Cet auteur a aussi constaté la présence de plancton dans les couches profondes de ce lac. Ses pêches ont été faites à des profondeurs plus grandes encore que dans notre lac, et elles ont toujours ramené, en quantité parfois minime il est vrai, du zooplancton. Dans le Léman, où les conditions biologiques diffèrent peu de celles réalisées dans le lac de Neuchâtel, il en est de même (FOREL, FUHRMANN).

BAUDIN s'étant servi occasionnellement du filet à fermeture nous dit qu'en hiver la population planctonique descend jusqu'à 100 m. dans le Léman et qu'elle ne diffère pas absolument de la population superficielle. Par contre, cet auteur pense que le Léman, en été, n'est plus habité au-dessous de 50 m. BAUDIN, en effet, affirme que la couche de saut thermique joue biologiquement un rôle remarquable et qu'elle coïncide toujours avec un maximum de plancton. Nos observations infirment cette opinion, du moins en ce qui concerne le zooplancton. Nous n'avons jamais constaté un maximum de zooplancton dans la couche de saut thermique. Quant au phytoplancton, il est effectivement concentré dans les couches superficielles. Est-ce à dire que cette concentration soit due à la présence de la *sprungschicht* ? Nous ne saurions l'affirmer, car il faut établir la part qui revient aux facteurs : lumière, nourriture, température, dans cette répartition superficielle. Les conditions optimales d'existence sont réalisées près de la surface pour le phytoplancton qui y abonde.

BAUDIN, attribuant une importance très grande à la couche de saut thermique quant à la répartition du plancton, affirme qu'au-dessous de cette couche les organismes diminuent rapidement pour disparaître bientôt. Nous lisons en effet dans son travail :

Page 8 : « En été, il (le filet NANSEN) nous a au contraire démontré que l'appauvrissement, déjà si considérable à 50 m., était très voisin de l'extinction. »

Page 34 (régime d'été) : « La vie descend jusqu'à 30 et 40 m. Depuis là au-dessous, il n'y a plus rien qui mérite d'être mentionné. L'essai au filet NANSEN nous confirme ce fait. De 50 à 100 m., il n'y a pratiquement plus rien. »

Nous n'avons pas fait nous-même de pêche dans le Léman, mais les conditions d'existence dans les deux lacs sont très semblables, et nous ne pouvons que nous élever contre de telles affirmations, contre de telles erreurs, dirons-nous même. Que dire, en effet, de la méthode employée par BAU-



DIN ? Celui-ci s'exprime ainsi quant à l'emploi du filet NANSEN : « Au printemps 1914, nous étions en possession du filet fermant de NANSEN. Nous ne l'avons utilisé *que trois fois* pour opérer à la profondeur de 100 m. » Et cela suffit à cet auteur pour affirmer qu'en été la population planctonique ne descend pas au-dessous de 50 m. ! Une telle affirmation devrait être basée sur un *grand nombre* d'observations et non pas sur trois seulement ! Notons en passant que les essais que fit BAUDIN avec le filet NANSEN ne sont pas concluants, car il lui est probablement advenu ce qui nous est parfois arrivé, à savoir que le filet s'est fermé de lui-même en profondeur et n'a par conséquent rien ramené ! D'autre part, le tuyau d'aspiration dont BAUDIN se servait n'avait que 50 m. de longueur ; il était donc impossible de pêcher à de plus grandes profondeurs.

De plus, en parcourant l'index bibliographique des ouvrages consultés par BAUDIN, nous constatons que cet auteur n'a pas lu les deux mémoires importants de YUNG sur les variations quantitatives du plancton dans le Léman. Si BAUDIN en avait eu connaissance, il eût pu remarquer ce qui suit : Le 18 juin 1898, à 500 m. du rivage, vis-à-vis de Montreux, sur un fond de 130 m., les quantités de plancton récoltées sous 1 m<sup>2</sup> de surface furent les suivantes :

|                     |                       |   |
|---------------------|-----------------------|---|
| 51 cm <sup>3</sup>  | à 50 m. de profondeur |   |
| 100 cm <sup>3</sup> | à 100 m.              | » |
| 102 cm <sup>3</sup> | à 120 m.              | » |

Si nous faisons la différence entre les deux pêches à 50 et à 120 m., nous constatons qu'il reste encore 52 cm<sup>3</sup>, qui représentent le plancton recueilli de 50 à 120 m. Le 26 août 1898, les chiffres étaient les suivants :

|                       |                       |   |
|-----------------------|-----------------------|---|
| 16 cm <sup>3</sup>    | à 50 m. de profondeur |   |
| 25 cm <sup>3</sup> ,5 | à 100 m.              | » |
| 32 cm <sup>3</sup>    | à 120 m.              | » |

YUNG, commentant ces résultats, dit ce qui suit :

« Le plancton se rencontre à *toutes les profondeurs* du lac Léman. Il n'est *nullement* (du moins de jour) limité aux couches d'eau superficielles, comprises entre 30 ou 35 m. comme le croit M. BRUNO HOFER pour le lac de Constance et quelques autres lacs. Sa quantité *au-dessous de 60 m.* n'est *nullement insignifiante*, contrairement à l'assertion de M. FOREL... (et de M. BAUDIN, ajouterons-nous). ... J'ajouterai

à ce propos que des pêches faites en septembre 1898, en face de Saint-Gingolph, m'ont prouvé que *de 100 à 200 m.* il existe encore *d'importantes quantités de plancton*, et tout récemment, M. le Dr FUHRMANN, pêchant en face d'Evian, a trouvé du plancton en abondance *de 60 à 100 m.* »

Nous pouvons ajouter que nos propres observations confirment pleinement ce qui précède. En effet, toutes nos pêches effectuées en été nous ont montré que la vie descend bien au-dessous de 30-40 m. et que l'appauvrissement de la population au-dessous de 50 m. est bien loin d'être voisin de l'extinction. BAUDIN ne disposant que d'une longueur de tuyau de 50 m. n'a pu, à part les trois pêches faites avec le filet NANSEN, faire ses observations plus bas. S'il avait pêché régulièrement dans les couches profondes avec le filet NANSEN, il eût pu constater que ces couches sont habitées de préférence par certaines grandes espèces, telles que *Diaptomus laciniatus* et *Cyclops strennuus*, qui y présentent leur maximum de développement, et que d'autres espèces (*Daphnia* et *Sida* notamment) y sont encore abondamment représentées. Du reste, nous reviendrons ultérieurement sur cette question.

En résumé, nous pensons qu'il est faux d'attribuer un rôle biologique considérable à la couche de saut thermique, qu'il est plus faux encore d'affirmer que la population planctonique ne descend pas en été au-dessous de 50 m. (BAUDIN) et que dans nos grands lacs les conditions de température jouent le rôle primordial dans la répartition verticale du plancton.

Nous avons déjà signalé le rôle de la transparence dans la répartition verticale du plancton. LOZERON s'exprime ainsi à ce sujet : « Dans le lac de Zurich, j'ai été frappé de voir que le maximum du zooplancton ne descend jamais en-dessous de 13 m., même par une très forte insolation, tandis que dans le Léman, le lac de Neuchâtel, le lac des Quatre-Cantons et le Bodan, le maximum descend souvent entre 20 et 30 m. Cela provient assurément de ce que la transparence de ces lacs est beaucoup plus grande que celle du lac de Zurich. »

Le déplacement vertical du maximum de plancton, au cours d'une journée, est avant tout fonction de l'éclairement. Ce maximum s'élève peu à peu, à mesure que l'éclairement diminue, dans les couches supérieures et finit par être voisin de la surface lorsque la nuit est complète. Nous avons alors à faire à la migration verticale journalière, dont nous parlerons dans le chapitre suivant.



Nous donnons ici les résultats des observations faites de jour, à diverses époques, sur la répartition verticale de chaque espèce. Ces observations sont résumées dans un tableau approprié à chaque espèce. Les tableaux indiquent le % d'individus recueillis dans une couche déterminée, 60-50 m., 50-40 m., etc.

*Diaptomus gracilis* ♂ et ♀.

La répartition verticale de *Diaptomus gracilis* ♂ et ♀ est résumée dans les deux tableaux n<sup>os</sup> 47 et 48.

*Diapt. gracilis* ♂. — Ce qui frappe en tout premier lieu, c'est la faible quantité de ♂ par rapport aux ♀. Donnons quelques exemples : Le 12 avril 1920, nous avons compté 1 ♂ dans la couche de 80-20 m. et 17 ♀. Le même jour, il y avait 4 ♂ de 20 à 10 m. et 32 ♀, et 8 ♂ de 10 à 0 m. contre 16 ♀. Le 7 mai, 1 ♂ de 60 à 10 m. et 11 ♀, mais par contre 12 ♂ de 10-0 m. et 20 ♀. Le 12 mai, 4 ♂ dans la pêche totale (70-0 m.) et 73 ♀, etc. Les ♂ habitent donc de préférence des zones moins profondes que les ♀. Ils sont le plus abondant au printemps (parfois même en hiver, voir 1<sup>er</sup> décembre 1919), puis diminuent rapidement. Ils ne disparaissent toutefois jamais complètement. Toutes nos pêches en ramenèrent. Comme nous l'avons dit, la masse principale se tient ordinairement dans la couche de 20 m. à la surface. Pendant les mois de mars à mai, il n'y a pratiquement plus de *D. gracilis* ♂ au-dessous de 20 m. ; puis, au cours de l'été, cette limite inférieure s'abaisse quelque peu et finalement atteint les grandes profondeurs en hiver. Le 1<sup>er</sup> décembre 1919, le 40 % des ♂ habitaient la couche de 80-60 m. Dans le lac des Quatre-Cantons, BURCKHARDT indique également une descente de la limite inférieure au cours de l'année. En décembre, elle atteint la couche de 120-110 m.

*Diapt. gracilis* ♀. — Au printemps, les ♀ de *D. gracilis* sont localisées dans les couches superficielles. La limite inférieure peut être fixée à 20 ou 30 m. Puis, il y a descente au cours de l'été, plus marquée que chez les ♂, qui aboutit à une répartition verticale assez uniforme (voir par exemple 3 et 7 juillet 1920). Le 1<sup>er</sup> décembre 1919, la répartition verticale est encore identique à toutes les profondeurs. Nous n'avons pas pêché régulièrement dans les grandes profondeurs et nous ne pouvons préciser pour toutes les saisons la limite inférieure de *D. gracilis* ♀. Mais le fait que, le 7 juillet

1920, le 17 % des ♀ habitaient encore la couche de 80-60 m., de même que, le 1<sup>er</sup> décembre 1919, le 20 % peuplait également cette même zone, nous autorise à penser que la limite inférieure est encore passablement plus bas. Cette limite atteint du reste 150 m. en décembre dans le lac des Quatre-Cantons, et le fond, c'est-à-dire 214 m., de janvier à mai.

### *Diaptomus laciniatus* ♂ et ♀.

La répartition verticale de *Diaptomus laciniatus* est résumée dans le tableau n° 49.

*Diaptomus laciniatus* habite de préférence les couches profondes, ce qui ne l'empêche pas d'accomplir une très forte migration journalière, dont nous parlerons dans la suite. Cette espèce est toujours représentée par un nombre beaucoup plus petit d'individus que *D. gracilis*. Les ♂ sont souvent absents durant l'été ou fort peu représentés. La masse principale habite ordinairement la couche de 80 à 50 m., avec maximum de 80-60 m. En été, alors que la transparence est faible, *D. laciniatus* monte parfois dans les couches supérieures (en 1917 notamment). Nous avons constaté, le 3 mars 1920, un maximum de *D. laciniatus* de 10-0 m., qui ne peut s'expliquer que par une anomalie locale, car d'ordinaire cette zone est complètement vide de *D. laciniatus*. Lorsque, grâce à la faible transparence, cette espèce s'élève dans les couches supérieures, le maximum de profondeur disparaît et la répartition verticale est assez régulière dans toute la masse (23 août 1919, 8 juin 1920, etc.). La limite inférieure est voisine du fond. Nous avons rencontré *D. laciniatus* ♀ de 145-120 m. le 7 juillet 1920. BURCKHARDT a signalé le fait qu'en général les ♀ habitent des couches plus profondes que les ♂. Dans le lac des Quatre-Cantons, la limite inférieure de cette espèce s'abaisse à 150 m. en décembre pour les ♂ et à 160 m. pour les ♀. En hiver (janvier jusqu'en mai), cette limite est proche du fond.

### *Cyclops strennuus*.

#### Tableau N° 50.

*C. strennuus* vit toute l'année dans les couches moyennes du lac. Son maximum se rencontre ordinairement de 50-30 m. Cependant, lorsque l'éclairement est faible, il peut s'accumuler dans les couches supérieures (20-0 m.). *C. strennuus* est



représenté durant toute l'année aussi bien dans les couches superficielles que dans les couches profondes, mais souvent en petit nombre. Lorsqu'en hiver les courants de convection ont égalisé la température, on observe une répartition verticale assez régulière dans toute la masse. Ainsi le 1<sup>er</sup> décembre 1919, le 17 septembre de la même année, etc. Dans le lac des Quatre-Cantons, *C. strennuus* habite ordinairement des couches plus hautes que dans le lac de Neuchâtel. BURCKHARDT indique que sa masse principale se rencontre de 10-15 m., bien qu'il habite également les couches profondes. Dans le lac de Neuchâtel, *C. strennuus* a été signalé le 7 juillet 1920 dans toutes les pêches faites au-dessous de 80 m. (jusqu'à 145 m.). Sa limite inférieure est donc voisine du fond.

### Cyclops leuckarti.

#### Tableau N° 51.

Cette espèce habite toujours les couches supérieures du lac. Son extension verticale est plus faible que celle de *C. strennuus*, puisqu'au-dessous de 20 m. il n'est pas rare de n'en plus rencontrer du tout. Le maximum se trouve donc toute l'année de 20-0 m. Cependant, le régime thermique spécial de l'hiver uniformise plus ou moins sa répartition verticale. *C. leuckarti* habite alors également les couches profondes (1<sup>er</sup> décembre 1919, 3 et 28 mars 1920). Cette espèce habite des couches plus profondes dans le lac de Neuchâtel que dans celui des Quatre-Cantons, où sa limite inférieure ne descend pas au-dessous de 60 m.

### Jeunes Cyclops.

#### Tableau N° 52.

La répartition verticale des *Jeunes Cyclops* est nettement différente en hiver et en été.

*Été.* — Les *Jeunes Cyclops* habitent exclusivement les couches supérieures du lac ; leur maximum se trouve de 10 m. à la surface. La limite inférieure est donc fixée à 20 m.

*Hiver.* — Les couches profondes sont habitées. Le maximum peut se déplacer considérablement et atteindre la couche de 80-60 m. (1<sup>er</sup> décembre 1919). Cependant, en règle générale, les couches superficielles contiennent davantage d'individus que les couches profondes.

Cette répartition est aussi celle du lac des Quatre-Cantons (BURCKHARDT). Grâce à la plus grande profondeur de ce lac, les *Jeunes Cyclops* peuvent habiter, en hiver, jusqu'à 200 m. de profondeur !

### Jeunes Diaptomus.

Tableau N° 53.

Le maximum des *Jeunes Diaptomus* habite ordinairement la couche de 20-10 m. Ce maximum n'est pas aussi marqué que pour les autres espèces. Les *Jeunes Diaptomus* sont toujours répartis assez régulièrement dans les diverses couches, comme l'indique le tableau n° 53. En hiver, la répartition verticale est uniforme, avec légère augmentation près de la surface ; la limite inférieure descend alors au-dessous de 80 m. (lac des Quatre-Cantons : 200 m.). Pendant les mois d'été, la limite inférieure se relève. Les *Jeunes Diaptomus* ne descendent pas au-dessous de 50 m. (parfois 60 m.). Notons qu'ils se rencontrent toute l'année dans le lac de Neuchâtel, avec maximum au printemps.

### Nauplius.

Tableau N° 54.

Le *Nauplius* est le compagnon le plus fidèle du planctologue. Il ne manque dans aucune pêche. Alors que beaucoup d'espèces n'apparaissent que temporairement, *Nauplius* est toujours présent et, à part quelques exceptions, en assez grand nombre. Sa répartition verticale est variable selon les saisons. En été, son maximum oscille entre 20-10 m. et 10-0 m. Sa limite inférieure ne s'abaisse pas au-dessous de 50 m. (Plus bas, on ne rencontre que quelques rares individus isolés. Exemple : 23 août 1919, 8 juin et 3 juillet 1920, etc.)

Par contre, en hiver (octobre à mars), il est réparti uniformément dans toute la masse. Son maximum superficiel disparaît alors et peut se retrouver dans la couche de 80-60 m. (1<sup>er</sup> décembre 1919 et 3 mars 1920) ou, plus haut, dans celle de 60-40 m. (2 novembre 1917). Les pêches des 17 septembre 1919, 1<sup>er</sup> décembre 1919, 3 mars 1920 présentent une remarquable uniformité dans leur répartition verticale. En hiver, la limite inférieure de *Nauplius* s'abaisse donc et descend au-dessous de 80 m. (dans le lac des Quatre-Cantons, elle atteint 200 m.).



### Bythotrephes longimanus.

Tableau N° 55.

*Bythotrephes longimanus* est une espèce de profondeur. Il n'est jamais représenté par un grand nombre d'individus, aussi son maximum est-il parfois difficile à préciser. Lors de son plus grand développement, c'est-à-dire en été, *Byth. longimanus* présente un maximum superficiel (20-0 m.), lequel est dû aux jeunes individus qui n'habitent que les couches supérieures. Le reste de l'année, *Byth. longimanus* est réparti assez uniformément jusqu'à 80 m. de profondeur. Sa limite inférieure s'abaisse également en hiver. Le maximum s'observe fréquemment dans la couche de 40 à 20 m.

### Leptodora hyalina.

Tableau N° 56.

Comme *Bythotrephes*, *Leptodora hyalina* est toujours représentée par un petit nombre d'individus. Ce superbe cladocère n'habite jamais les couches profondes ; il ne descend pas au-dessous de 40 m. Son maximum se trouve entre 10 et 0 m., parfois entre 20 et 10 m. Lors de son plus grand développement, les jeunes de cette espèce habitent les couches voisines de la surface, de 5 à 0 m. Il n'est pas rare alors d'en recueillir 40 et même 60 en pêchant avec le filet Nansen de 10 à 0 m. ou de 5 à 0 m. Cette répartition verticale est absolument identique à celle indiquée par BURCKHARDT pour le lac des Quatre-Cantons.

### Sida limnetica.

Tableau N° 57.

*Sida limnetica* est une espèce de profondeur. Elle habite de préférence la zone de 80 à 50 m. Toutefois, lorsque le maximum de développement se produit, les jeunes se tiennent dans les couches moyennes et superficielles (2 novembre 1917). Sa limite inférieure semble descendre au-dessous de 100 m. (7 juillet 1920 : 62 % dans la couche de 100 à 80 m.).

*Daphnia hyalina.*

Tableau N° 58.

*Daphnia hyalina* habite de préférence la couche de 60 à 40 m. Mais il n'est pas rare, pendant l'été surtout, alors que la transparence est faible, de rencontrer ce crustacé dans les couches plus élevées. Les jeunes *Daphnies* séjournent également dans les couches superficielles (20 à 0 m.). La distribution verticale de *Daphnia* est assez irrégulière, surtout lorsqu'il y a peu d'individus. C'est ainsi que l'on peut recueillir quelques *Daphnia* de 60 à 50 m., aucune de 50 à 30 m., quelques-unes de 30 à 20 m., et aucune de 20 m. à la surface (1<sup>er</sup> décembre 1919). Selon BURCKHARDT, il existe toujours près de la surface une zone variable (5 à 15 m.) complètement vide de *Daphnia*, due à l'éclairement trop violent. Quant à la limite inférieure, elle paraît s'abaisser en hiver pour remonter au printemps. Nous avons recueilli quelques individus le 7 juillet 1920 de 120 à 100 m., mais aucun dans les couches plus profondes.

*Bosmina longirostris et coregoni.*

Tableau N° 59.

Ces deux espèces présentent leur maximum de développement pendant les mois de mai et juin. Les jeunes *Bosmines* abondent alors et sont exclusivement localisées dans les quelques mètres voisins de la surface. Au-dessous ne vivent que des adultes. Ainsi le 27 mai 1920, nous avons pêché 156 jeunes *Bosmines* de 5-0 m., 108 de 2<sup>m</sup>,50 à 0 m. et 17 de 1 à 0 m. Le 11 juin, nous recueillions 26 jeunes *Bosmines* de 5 à 0 m. et 41 de 2<sup>m</sup>,50 à 0 m. ! Pendant le reste de l'année, les *Bosmines* vivent dans les couches profondes jusqu'à 80 m. et sont réparties assez régulièrement (1<sup>er</sup> décembre 1919, 28 mars et 12 avril 1920, etc.). Lorsqu'il y a un maximum, celui-ci se trouve dans la zone de 30-20 m. La limite inférieure atteint 80 m. durant tous les mois où ces deux espèces sont représentées ; elles semblent donc vivre dans des couches plus profondes que dans le lac des Quatre-Cantons, où la limite inférieure ne dépasse pas 45 m. en été et 60 m. en hiver, d'après BURCKHARDT.



*Notholca longispina.*

Tableau N° 60.

Le maximum de *Notholca longispina* est localisé dans la couche de 20-0 m. Suivant les saisons, ou l'état d'éclairement, il oscille entre 20 et 10 m. et 10 et 0 m. En été, la limite inférieure peut être fixée à 30 m. Au-dessous ne se rencontrent que des individus isolés. Par contre, en hiver, *Noth. longispina* descend dans les couches profondes, et la répartition verticale s'égale dans toute la masse (par exemple le 1<sup>er</sup> décembre 1919). Cette égalisation a été observée, chose curieuse, le 23 août 1919, et partiellement du moins le 13 août 1917. Nous pensons que ce phénomène doit être expliqué par la présence momentanée de courants locaux (reflux des eaux du lac de Bienne dans celles du lac de Neuchâtel par l'intermédiaire de la Thielle) ayant brassé les eaux à ces endroits, car ce phénomène est rare en été. La distribution verticale de *Noth. longispina* est semblable dans le lac des Quatre-Cantons (BURCKHARDT) et dans celui de Zurich (LOZERON).

*Anurea cochlearis.*

Tableau N° 61.

Comme *Noth. longispina*, *Anurea cochlearis* est toujours concentré de 20-0 m., avec maximum variant de 20-10 m. à 10-0 m. Cette espèce, lors de son plus grand développement, est représentée par un nombre formidable d'individus (le 24 juin 1920 : 1296 individus de 10-0 m. ! Ce chiffre doit être encore multiplié par 40 pour obtenir le nombre réel !). Sa limite inférieure peut également être fixée à 20 m. On rencontre occasionnellement quelques individus au-dessous. En hiver, la distribution verticale ne se régularise pas comme pour *Noth. longispina*. La limite inférieure descend de quelques mètres, mais la grosse masse reste toujours concentrée dans les couches supérieures. LOZERON signale cette espèce comme fréquente à 50 m. dans le lac de Zurich.

*Polyarthra platyptera.*

Tableau N° 62.

La masse principale de *Polyarthra platyptera* habite toujours les couches supérieures du lac (20-0 m.). Il est rare de rencontrer un nombre quelque peu grand d'individus au-des-

sous de 20 m. (28 juin et 3 juillet 1920). BURCKHARDT pense que cette concentration en surface est due au fait que les couches sont plus chaudes. *Pol. platyptera* fuirait, en hiver, les couches froides du fond pour les couches plus tempérées de la surface. Le facteur nourriture jouerait également un rôle dans cette répartition verticale. *Pol. platyptera* se nourrissant de phytoplancton, et celui-ci étant ordinairement concentré près de la surface, ceci expliquerait la répartition de *Polyarthra*. Dans le lac de Zurich, LOZERON signale également cette espèce comme prédominante entre 5 et 20 m.

### *Triarthra longiseta*.

Tableau N° 63.

On ne recueille jamais dans une seule pêche un grand nombre de *Triarthra longiseta*. Cette espèce, même lors de son plus grand développement, est peu représentée dans le lac de Neuchâtel. Sa répartition verticale, telle qu'elle est indiquée dans le tableau ci-dessus, résulte de petits chiffres, auxquels il ne faut pas attribuer une trop grande importance. *Tr. longiseta*, cependant, habite plus volontiers les couches supérieures (30-0 m.) que les couches profondes. Sa répartition verticale ne varie pas au cours de l'année. Dans le lac des Quatre-Cantons, BURCKHARDT a observé deux maxima, l'un à environ 15 m. de profondeur, l'autre près du sol. Nous n'avons pas rencontré semblable répartition. Dans le lac de Zurich, elle est plus particulièrement concentrée aux profondeurs de 13 à 20 m. (LOZERON).

---

*Remarque.* — Comme on le voit par ce qui précède, la répartition verticale du plancton est non seulement différente pour chaque espèce particulière, mais encore variable suivant les saisons. Les deux régimes thermiques qui caractérisent l'été et l'hiver amènent des changements dans la répartition verticale du plancton. Les organismes pélagiques sont entraînés en automne par les courants de convection qui brassent toute la masse des eaux et qui déterminent la répartition verticale assez uniforme de l'hiver.

D'une façon générale, il y a davantage de plancton en été dans les couches supérieures (sauf dans les quelques mètres voisins de la surface) que dans les couches moyennes et pro-



fondes. En hiver, la répartition verticale varie peu de la surface jusqu'à 80 m. de profondeur.

Toutefois, le maximum superficiel subsiste toute l'année.

### Phytoplancton.

Nous n'avons étudié la répartition verticale du Phytoplancton que d'une manière fragmentaire. Quelques pêches (exécutées à des époques où la thermique du lac était très différente) ne laissent subsister aucun doute sur la répartition verticale du phytoplancton et nous permettent d'adopter les conclusions de LOZERON. Cet auteur, dont les études ont porté plus spécialement sur le phytoplancton du lac de Zurich, arrive aux conclusions suivantes :

« 1. Ce sont les courants de convection qui jouent le principal rôle dans la répartition verticale du phytoplancton.

2. La stratification de l'eau amène la stratification du plancton ; elle se traduit :

a) Par la répartition inégale du plancton aux différentes profondeurs ; au fond, peu ; près de la surface, beaucoup.

b) Stratification des différents organismes à des profondeurs différentes.

3. La circulation de l'eau amène la répartition verticale égale sur toute la couche en circulation. Elle se traduit par :

a) Quantités de plancton égales aux différentes profondeurs de la couche en circulation.

b) Mélange des organismes du fond avec ceux de la surface.

4. Cette loi est modifiée lorsqu'il y a mort rapide des organismes et que la pluie des morts est très forte. Il peut y avoir alors stratification égale, et même il peut se trouver plus de plancton au fond qu'à la surface, malgré la stratification thermique. »

Voici, brièvement résumées, nos observations sur la répartition verticale du phytoplancton dans le lac de Neuchâtel, au printemps et en été 1920 :

28 mars 1920. — Après quelques semaines de beau temps, les températures sont les suivantes : Surface :  $8^{\circ} \frac{1}{4}$  C. ; 5 m. :  $8^{\circ}$  ; 10 m. :  $6^{\circ} \frac{1}{2}$  ; 50 m. :  $5^{\circ} \frac{1}{2}$ . Comme on le voit, la

stratification n'est qu'ébauchée. La répartition verticale du plancton est uniforme, avec léger maximum près de la surface, correspondant à l'augmentation de température. Les volumes sont les suivants (les chiffres représentent les volumes du Zooplancton + Phytoplancton, mais ce dernier est prédominant): 80-60 m.:  $1\text{ cm}^3,8$ ; 60-50 :  $0\text{ cm}^3,85$ ; 50-40 :  $1\text{ cm}^3$ ; 40-30 :  $1\text{ cm}^3$ ; 30-20 :  $0\text{ cm}^3,8$ ; 20-10 :  $1\text{ cm}^3,2$ ; 10-0 :  $1\text{ cm}^3,7$ .

12 avril 1920. — Deux semaines de mauvais temps ont fait disparaître le commencement de stratification observé le 28 mars. Les températures sont les suivantes : Surface :  $7^{\circ} \frac{1}{2}$ ; 2 m. :  $7^{\circ} \frac{1}{4}$ ; 4 m. :  $7^{\circ}$ ; 7 m. :  $6^{\circ} \frac{1}{2}$ ; 15 m. :  $6^{\circ} \frac{1}{2}$ ; 30 m. :  $6^{\circ} \frac{1}{4}$ ; 60 m. :  $6^{\circ}$ . Les volumes sont : 80-60 m. :  $1\text{ cm}^3,1$ ; 60-50 :  $0\text{ cm}^3,65$ ; 50-40 :  $0\text{ cm}^3,8$ ; 40-30 :  $0\text{ cm}^3,85$ ; 30-20 :  $1\text{ cm}^3,6$ ; 20-10 :  $1\text{ cm}^3,8$ ; 10-0 :  $2\text{ cm}^3,2$ . Le Phytoplancton est encore réparti uniformément, sauf léger maximum en surface.

7 mai 1920. — La stratification est bien établie. Nous n'avons malheureusement pas de chiffres de température pour ce jour-là, mais les mesures faites un peu plus tard indiquent une stratification bien marquée. Tout le plancton est concentré dans les couches superficielles (10-0 m.). Chose curieuse, la vie pélagique semble absente au-dessous de 25 m. !

12 mai 1920. — Stratification caractéristique, coïncidant avec le grand développement annuel du phytoplancton. Celui-ci est concentré surtout dans les 5 m. voisins de la surface. Les espèces ordinaires du phytoplancton sont localisées de 5 à 2 m. De 2 m. à la surface, presque exclusivement des *Dinobryon*, avec *Rotateurs* et jeunes *Bosmina* (voir tableau n° 37). Faut-il voir dans cette concentration extraordinaire du phytoplancton tout près de la surface l'explication de la présence dans ces couches superficielles d'espèces habitant ordinairement les couches profondes, telles que *C. strenuus*, *Sida*, *Daphnia* ? Le phytoplancton très abondant jouerait-il le rôle d'un écran, à la faveur duquel les espèces précitées pourraient s'élever jusque près de la surface sans être trop incommodées ? ou bien ces espèces trouveraient-elles dans les couches superficielles des conditions de nutrition plus favorable qu'en profondeur ? Nous soulevons le problème, sans le résoudre définitivement. Nous avons toujours été frappé durant cette époque, de la présence de ces espèces profondes en surface, et notamment de *C. strenuus*.

27 mai 1920. — A partir de ce moment, et bien que le phytoplancton soit toujours concentré dans les couches superf.



cielles, nous assisterons à son déplacement dans des couches un peu plus profondes. Le 27 mai, le maximum se trouve entre 15 et 10 m. ; les couches superficielles sont moins peuplées de phytoplancton que précédemment.

8 juin 1920. — Le moment du grand développement du plancton végétal est passé. Cependant, le maximum peut encore être précisé ; il se trouve entre 20 et 10 m. Au-dessous, nous ne constatons pas de phytoplancton (celui-ci est donc stratifié). A signaler encore la présence dans les couches superficielles des espèces de profondeur : *D. laciniatus*, *Daphnia*, *Sida*, etc.

A cette date, les volumes aux différentes profondeurs sont les suivants :

| m.        | cm <sup>3</sup> | m.        | cm <sup>3</sup> | m.         | cm <sup>3</sup> |
|-----------|-----------------|-----------|-----------------|------------|-----------------|
| 80 — 60 : | 0,5             | 40 — 30 : | 0,85            | 10 — 0 :   | 1,8             |
| 60 — 50 : | 0,7             | 30 — 20 : | 1,2             | 5 — 0 :    | 1,1             |
| 50 — 40 : | 0,8             | 20 — 10 : | 2,2             | 2,50 — 0 : | 0,7             |

Le maximum de 20 à 10 m. est nettement indiqué.

Nous n'avons pas poursuivi ultérieurement cette étude de la répartition du phytoplancton. Du reste, celui-ci diminue rapidement, et son maximum devient difficile à préciser si l'on n'étudie point chaque espèce en particulier. Ce que nous avons observé suffit du reste à établir la manière d'être du phytoplancton vis-à-vis des deux régimes thermiques si différents de l'hiver et de l'été. Disons encore quelques mots au sujet de la pêche effectuée le 6 juillet 1920. Nous nous sommes rendu ce jour-là à la sortie de la Thielle du lac de Neuchâtel et avons pêché à la sortie même de cette rivière, puis à 50 m. à l'intérieur, et enfin sous le pont de Thielle, c'est-à-dire à environ 800 m. en aval. Nous nous proposons d'examiner si le voisinage du fond (situé à 2 ou 3 m. de la surface) avait une influence sur le volume du plancton récolté. Pour cela, nous avons pêché par exemple à 4 m. de profondeur au large, puis à 4 m. en un endroit où le fond était à cette distance de la surface ; nous répétons les mêmes pêches pour des profondeurs différentes. Voici les résultats obtenus :

| m.                                                                 | cm <sup>3</sup> | m.                | cm <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 2,20 fond. (à 200 m. de la sortie de la Thielle, dir. Neuchâtel) : | 0,3.            | 2,20 (au large) : | 0,3             |
| 3,70 » (à 500 m. » » » :                                           | 0,6.            | 3,30 » :          | 0,4             |
| 5 » (à 1 km. » » » :                                               | 0,9.            | 5 » :             | 0,6             |
| 12 » (vis-à-vis de Monruz) :                                       | 1,2.            | 12 » :            | 1,2             |
|                                                                    |                 | 1 » :             | 0,2             |

| <i>Sortie de la Thielle</i> |                 | <i>50 m. à l'int. de la Thielle</i> |                 | <i>Sous le pont de Thielle</i> |                 |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| m.                          | cm <sup>3</sup> | m.                                  | cm <sup>3</sup> | m.                             | cm <sup>3</sup> |
| 2,70                        | fond. : 2,7 !   | 2,60                                | fond. : 2,6     | 3,30                           | fond. : 3       |
| 2                           | » : 2           | 2,30                                | » : 1,9         | 2                              | » : 1,8         |
| 1                           | » : 1,4         |                                     |                 | 1                              | » : 1,1         |

Ces chiffres établissent tout d'abord qu'à ces faibles profondeurs le fond n'a pas d'influence appréciable sur la quantité de plancton. Mais ils nous intéressent surtout à un autre point de vue. Nous sommes immédiatement frappé par la quantité considérable de plancton récolté dans la Thielle, comparée avec celle recueillie au large. Par exemple : 1-0 m. au large : 0<sup>cm<sup>3</sup></sup>,2 ; dans la Thielle, 1<sup>cm<sup>3</sup></sup>,1 et 1<sup>cm<sup>3</sup></sup>,4 ! 2,20-0 m. au large : 0<sup>cm<sup>3</sup></sup>,3 ; 2-0 m. dans la Thielle : 1<sup>cm<sup>3</sup></sup>,8 et 2 cm<sup>3</sup> ; 2,30-0 m. : 1<sup>cm<sup>3</sup></sup>,9 ; 3,30-0 m. au large : 0<sup>cm<sup>3</sup></sup>,4 et 3 cm<sup>3</sup> dans la Thielle ! etc.

La cause de ce phénomène extraordinaire ne réside pas dans une productivité énorme de la Thielle, mais bien dans le fait que, ce jour-là, cette rivière refluit dans le lac de Neuchâtel, c'est-à-dire qu'un courant de retour était établi du lac de Bienne dans celui de Neuchâtel par l'intermédiaire de la Thielle. Or, nous savons que tous les organismes passifs ne peuvent opposer de résistance aux courants et se laissent entraîner. Le phytoplancton du lac de Bienne était par conséquent entraîné et concentré dans la Thielle. Arrivé dans le lac de Neuchâtel, il se dispersait dans la masse des eaux, si bien qu'à 100 m. de la sortie de la Thielle nous n'avons constaté aucune anomalie dans la quantité de plancton. La couleur de l'eau dans le lac et dans la rivière frappait du reste par sa différence. Dans la Thielle, l'eau était d'un vert foncé, tandis qu'elle était bleu clair dans le lac de Neuchâtel.

## CHAPITRE VI

### Migration verticale journalière.

On sait qu'on entend par migration verticale journalière le fait que les organismes pélagiques viennent s'accumuler de nuit dans les couches voisines de la surface.

Les espèces composant le plancton sont gênées par la



lumière trop violente qui pénètre dans les couches supérieures, aussi s'enfoncent-elles de jour dans les couches moyennes ou profondes du lac où elles s'accommodent de la demi-obscurité qui règne dans ces régions. A la chute du jour, ces espèces remontent peu à peu dans les couches supérieures de moins en moins éclairées et finissent par être concentrées dans les 2 ou 3 m. voisins de la surface. Nous chercherons à établir dans ce chapitre la valeur de la migration verticale effectuée par chaque espèce du zooplancton.

Le maximum d'une espèce donnée varie de jour suivant l'intensité de l'éclairement. Ainsi, le maximum peut se trouver par exemple à 20 m. pour telle espèce, par insolation, et à 10 m. par ciel couvert, etc.

De nombreux facteurs influencent la pénétration de la lumière dans l'eau. Citons notamment : l'état du ciel, découvert ou nuageux, le brouillard, l'insolation, le crépuscule, le clair de lune, la transparence de l'eau, etc.

Les organismes pélagiques sont extrêmement sensibles à toutes variations de l'éclairement et réagissent aussitôt en s'enfonçant ou en s'élevant dans les diverses couches du lac. Nous avons vu dans le chapitre précédent que la thermique du lac joue également un rôle important dans la répartition verticale du plancton. Celle-ci est différente en hiver de ce qu'elle est en été, grâce aux régimes thermiques si différents de ces deux saisons.

Nous avons déterminé la valeur de la migration verticale de la façon suivante : Nous notions à quelle profondeur se trouvait le maximum de chaque espèce de jour et de nuit, puis nous faisons la différence, qui représentait précisément la migration verticale. Il est évident que les chiffres obtenus représentent des résultats moyens, valables pour la majorité des individus d'une espèce donnée, et qu'ils peuvent être réduits ou dépassés selon que l'on considère les individus se trouvant au-dessus ou au-dessous du maximum.

Le 14 juillet 1920, nous avons pêché l'après-midi de 2-3 h. dans un lac absolument calme, avec insolation très forte (température de la surface, le 17 juillet : 21°,4 C.). Dans la nuit du 4-15 juillet, nous étions favorisé par une obscurité totale due à un renouvellement de la lune, ce qui fait que nos chiffres peuvent être considérés comme indiquant le maximum de grandeur de la migration verticale journalière.

Signalons encore l'influence énorme que peut avoir la lune sur la migration verticale journalière. Le 2 juillet, par un calme complet, mais avec pleine lune, nous avons fait



quelques pêches de 10-0 m. à 1 heure du matin. Or, nous n'avons constaté dans cette couche de 10 m. d'épaisseur aucune migration verticale. Les mêmes espèces présentes de jour habitaient encore ces couches trop éclairées. La migration verticale n'atteignait pas les 10 m. superficiels.

*Diapt. gracilis*. — Le maximum de *Diapt. gracilis* ♂ se trouvait de jour, dans la couche de 40-20 m. A 2 heures du matin, il se trouvait de 1 m. à la surface. La migration verticale atteint donc, suivant les individus, une amplitude de 20 à 40 m.

*Diapt. gracilis* ♀ offrait son maximum de jour dans la couche de 80 à 50 m., et de nuit dans celle de 1 à 0 m. La migration verticale est donc très considérable, puisqu'elle atteint de 50 à 80 m.

*Diapt. laciniatus*. — Les ♂ et les ♀ se trouvent de jour dans la couche de 80 à 60 m. De nuit, les ♂ sont localisés dans la zone de 1 m. à  $\frac{1}{2}$  m., et les ♀ offrent leur maximum de 1 m. à la surface. Migration verticale de 60 à 80 m. ! Disons de suite qu'elle est, avec celle de *Daphnia hyalina*, la plus grande observée.

*Cycl. strenuus*. — De jour, les *C. strenuus* sont concentrés dans la couche de 60-50 m. De nuit, ils se trouvent surtout de 1-0 m. Notons cependant que la couche de 10-0 m. en contient encore de nuit un grand nombre. La migration verticale atteint de 40 à 50 m.

*Cycl. leuckarti* et *Jeunes Cyclops*. — Ils sont trop peu représentés à ce moment de l'année pour que nous puissions préciser leur migration verticale. Elle paraît atteindre une amplitude de 5-10 m. pour *C. leuckarti* et de 10-15 m. pour les *Jeunes Cyclops*.

*Jeunes Diaptomus*. — De jour, ils sont répartis assez régulièrement entre 60 et 20 m. De nuit, maximum bien marqué près de la surface. Tous les individus sont localisés dans la couche de 10-0 m. Au-dessous, les individus sont très rares. La migration atteint de 10 à 50 m.

*Nauplius*. — De jour, leur maximum varie entre 30 et 0 m. De nuit, il y a accumulation dans la couche de 5-0 m., avec maximum entre 5 et 3 m. La migration verticale n'est donc pas très forte ; elle varie de 1 ou 2 m. à 25 m.

*Byth. longimanus*. — Répartie assez régulièrement de 50 à 30 m. de jour, cette espèce effectue de nuit une migration verticale qui la localise dans la couche de 20-10 m.



*Lept. hyalina*. — Présente dans la couche de 20-0 m. de jour, *Lept. hyalina* se concentre de nuit dans les 3 ou 4 m. voisins de la surface. Nous avons recueilli 40 individus dans 100 l. d'eau de la zone de 1 m. à  $1\frac{1}{2}$  m., et aucun de  $1\frac{1}{2}$ -0 m.

*Sida limnetica*. — Son maximum de jour est variable. Ainsi, le 7 juillet, elle était concentrée de 100-80 m., tandis que les autres jours elle est fréquente de 60 à 40 m. De nuit, elle s'approche très près de la surface. Sa migration verticale est donc considérable, puisqu'elle peut atteindre 80 et même 100 m. !

*Daphn. hyalina*. — Concentrée de jour de 80-60 m., elle voisine de nuit avec l'extrême surface. La couche de 0 à 20 cm. offre le maximum de cette espèce, présente encore jusqu'à 5 m. de profondeur. Donc, migration verticale très forte.

*Bosmina coregoni* et *longirostris*. — On trouve ces deux espèces de jour entre 30 et 20 m., parfois au-dessus. La nuit, elles se tiennent tout à fait à la surface, de 0,50-0 m. La migration verticale est donc assez forte.

*Noth. longispina* et *Anur. cochlearis*. — Ces deux espèces sont dispersées de jour dans la couche de 50-0 m., avec maximum dans les couches superficielles. De nuit, *Notholca* est encore présente dans ces mêmes profondeurs, mais avec un maximum plus marqué près de la surface. Sa migration verticale est encore très sensible et peut atteindre 20-25 m.

Quant à *Anurea*, sa migration est encore plus marquée. Ce rotateur est presque absent de nuit dans la couche de 50 à 20 m. et se concentre dans les 2 ou 3 m. voisins de la surface, avec maximum de 20-0 cm.

*Polyar. platyptera*. — De jour, son maximum est dans la zone de 10-5 m. ; de nuit, il oscille entre 10 et 2 m. Sa migration verticale est donc très faible.

*Tr. longiseta*. — Il n'offre pas de migration journalière. De nuit comme de jour, il habite ordinairement la couche de 50-20 m.

---

Il est intéressant de rapprocher ces observations de celles faites par BURCKHARDT dans le lac des Quatre-Cantons. Bien que la migration verticale y soit plus grande, grâce au fait que le lac est plus profond, elle est identique pour chaque

espèce à celle observée dans le lac de Neuchâtel. La manière de se comporter vis-à-vis de l'éclairement ne varie pas d'un lac à l'autre. Ce que nous savons du Léman nous autorise à penser que le phénomène de la migration verticale y est identique. Voici du reste le résultat d'observations faites en 1899 par M. FUHRMANN, vis-à-vis d'Évian-les-Bains (profondeur : 120 m.) :

A 4 h.  $\frac{1}{2}$  de l'après-midi, M. FUHRMANN a compté, sous 1 m<sup>2</sup>, les animaux suivants :

0-10 cm. : 32 *Polyarthra*, 16 *Ploesoma*, 12 *Scapholebris mucronata* et 2 *Bosmina*.

0-1<sup>m</sup>,50 : 17,600 *Polyarthra*, 66 *Ploesoma*, 22 *Noth. longispina*, 22 *Scapholebris*, 22 jeunes *Cyclops*.

0-5 m. : 88,000 *Polyarthra*, 170 *Ploesoma*, 528 *Noth. longispina*, 350 jeunes *Bosmina*, 520 jeunes *Cyclops* et 350 *Nauplius*.

Trois heures et demie après le coucher du soleil, c'est-à-dire à 11 h.  $\frac{1}{2}$  du soir, ces mêmes couches contenaient :

0-10 cm. : 0<sup>cm</sup>,5 de plancton (de jour, la quantité n'était pas mesurable, non plus qu'aux autres profondeurs) avec 700 *Polyarthra*, 40 *Anurea*, 40 *Pompholyx*, 80 *Notholca*, 40 *Ploesoma*, 60 jeunes et 800 adultes *Diaptomus gracilis*, 300 *Cyclops leuckarti*, 40 *Cyclops strennuus*, 40 *Nauplius*, 60 *Bosmina*, 40 *Leptodora*, 4 *Bythotrephes* et 20 jeunes *Sida limnetica*.

0-1<sup>m</sup>,50 (7<sup>cm</sup>,3 de plancton !) : 17,600 *Polyarthra*, 44 *Ploesoma*, 1760 *Pompholyx*, 220 *Anurea*, 660 jeunes et 18,260 adultes *Diaptomus*, 7260 *Cycl. leuckarti*, 2000 *C. strennuus*, 220 *Nauplius*, 100 *Sida limnetica*, 220 *Bosmina* et 1760 *Leptodora*.

0-5 m. (12 cm<sup>3</sup> de plancton !) : 88,000 *Polyarthra*, 17,600 *Pompholyx*, 48,000 *Notholca*, 9900 *Anurea*, 3300 *Gastropus*, 8800 jeunes et 198,000 adultes *Diaptomus*, 56,100 *Cycl. leuckarti*, 3850 *C. strennuus*, 16,500 *Nauplius*, 1100 *Sida limnetica*, 1100 *Daphnia hyalina*, 260 *Bosmina*, 1100 *Leptodora* et 130 *Bythotrephes*.

Ces chiffres sont suffisamment éloquentes par eux-mêmes pour qu'il soit inutile de les commenter. La migration verticale concentre la nuit dans le Léman, comme dans le lac de Neuchâtel et celui des Quatre-Cantons, tout le plancton dans les quelques mètres voisins de la surface.

Nous nous résumerons en disant que, dans le lac de Neuchâtel, la migration verticale journalière est très grande pour



*Diapt. gracilis*, *Diapt. laciniatus*, *Cycl. strennuus*, *Jeunes Diaptomus*, *Sida limnetica* et *Daphnia hyalina*. Elle est grande encore pour *Nauplius*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora hyalina*, *Bosmina coregoni* et *longirostris*, *Notholca longispina* et *Anurea cochlearis*, plus faible pour *Cycl. leuckarti* et *Jeunes Cyclops*, et enfin nulle ou presque nulle pour *Polyarthra platyptera* et *Triarthra longiseta*.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

1. AMBERG, B. Limnologische Untersuchungen des Vierwaldstätter-sees. Lucerne.
2. AMBERG, O. Die von Schröter-Amberg modifizierte Sedgwick-Rafter'sche Methode der Planktonzählung. *Bibl. Centralblatt*, Band XX, 1900.
3. — Beiträge zur Biologie des Katzenses. Zürich, 1900.
4. AMMANN, Hans. Phys. und biolog. Beobachtungen an oberbaye-rischen Seen. Kelheim a. d. Donau, 1912.
5. ANDRÉ, E. Recherches sur la faune pélagique du Léman, etc. *Revue suisse de zoologie*, tome XXII, 1914.
6. BACHMANN, H. Die Planktonfänge mittels der Pumpe. *Biol. Centralbl.*, Band XX, 1900.
7. — Das Phytoplankton des Süßwassers mit besonderer Berück-sichtigung des Vierwaldstättersees. *Mitteilungen der Naturfor-schenden Gesellschaft Luzern*, Heft VI, 1911.
8. — Das Nannoplankton. *Naturwissenschaftlichen Wochen-schrift*. Neue Folge XIII, Band 25, 1914.
9. BAUDIN, Louis. Contribution à l'étude de la répartition verticale du plancton dans le Léman. Lausanne, 1919.
10. BEHRENS, Hugo. Die vertikale Verteilung des Crustaceenplanktons. Berlin, 1914.
11. BIRGE, E. A. Plankton studies on lake Mendota I. The vertical distribution on the pelagic crustacea during July 1894. Madison, 1895.
12. — Plankton studies on lake Mendota II. The crustacia of the plankton from July 1894, to December 1896. Madison, Wis-consin, 1896.
13. BLANC, H. Série de pêches pélagiques faites en 1894 et 1895, dans

- le Léman. *Actes soc. helv. sc. nat.*, 78<sup>me</sup> session (Zermatt 1895), et *Arch. sc. phys. et nat.*, tome XXXIV.
14. BLANC, H. Le plankton nocturne du lac Léman. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, tome XXXIV.
  15. BRAUER, A. *Die Süßwasserfauna Deutschlands*, Heft 10. Phyllopoda.
  16. — *Id.*, Heft 11. Copepoda.
  17. — *Id.*, Heft 14. Rotatoria.
  18. BURCKHARDT, G. Vorläufige Mitteilung über Planktonstudien an Schweizerseen. *Zool. Anz.*, Band XXII, Nr. 586, 1899.
  19. — Faunistische und systematische Studien über das Zooplankton der grössern Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. *Revue suisse de Zoologie*, tome VII, 1899.
  20. — Quantitative Studien über das Zooplankton des Vierwaldstättersees. *Mitt. der Naturforsch. Gesell. Luzern*, Heft III, 1900.
  21. — Zur Kontroverse zwischen Bauer und Loeb über Phototaxis des Planktons. *Intern. Revue des ges. Hydrob. und Hydrogr.*, Band III, 1910.
  22. — Hypothesen und Beobachtungen über die Bedeutung der vertikalen Planktonwanderung. *Id.*, Band III, 1910.
  23. — Nachtrag zum Aufsatz: Hypothesen und Beobachtungen über die Bedeutung der vertikalen Planktonwanderung. *Id.*, Band III, 1910.
  24. Club des Amis de la Nature de Neuchâtel. Le lac de Saint-Blaise. Histoire. Hydrographie. Faune des invertébrés. *Bull. soc. neuch. de géogr.*, tome XVIII, 1907.
  25. COLDITZ. Beiträge zur Biologie des Mansfelder Sees. *Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, Band CVIII, Heft 4, 1914.
  26. FOREL, F.-A. Le Léman. 3 vol., 1892-1904. Lausanne.
  27. — La faune pélagique des lacs d'eau douce. *Arch. des sc. phys. et nat.*, tome VIII, 1882.
  28. — Les micro-organismes pélagiques des lacs de la région subalpine. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, tome XXIII, n° 97.
  29. — Les matières organiques dans l'eau du lac. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, tome XXXVII, n° 141.
  30. FUHRMANN, O. Zur Kritik der Planktontechnik. *Biol. Centr.*, Band XIX, Nr. 17, 1899.
  31. — Propositions techniques pour l'étude du plankton des lacs suisses faites à la commission limnologique. *Arch. sc. phys. et nat.*, tome VIII, 1899.
  32. — Beitrag zur Biologie des Neuenburger Sees. *Biol. Centralbl.*, Band XX, Nr. 3 und 4, 1900.
  33. — Le plankton du lac de Neuchâtel. *Bull. soc. neuch. des sc. nat.*, tome XXVIII, 1899-1900.



34. FUHRMANN, O. Le plankton du lac de Neuchâtel. *Bulletin suisse de pêche et pisciculture*, nos 3, 4 et 5, 1902.
35. — Sur l'origine des lacs de Neuchâtel, de Morat et de Bienne, avec des observations sur la pêche relatives au premier. *Bull. soc. suisse de pêche et de pisc.*, n° 2, 1905.
36. GUYER, Oskar. Beiträge zur Biologie des Greifensees. Stuttgart, 1910.
37. HEUSCHER, H. Das Zooplankton des Zürichsees mit besonderer Berücksichtigung der Variabilität einiger Plankton Cladoceren. Stuttgart, 1915.
38. HEUSCHER, J. Das Plankton des Neuenburgersees. *Schweizerische Fischerei-Zeitung*, Band 12, Nr. 14.
39. HOFER, B. Der Bodensee-Forschungen, Abschnitt X: Die Verbreitung der Tierwelt im Bodensee, nebst vergleichenden Untersuchungen in einigen andern Süßwasserbecken. *Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees*, Heft 28.
40. IMHOF, O.-E. Sur la faune pélagique des lacs suisses. *C. R. Soc. helv. sc. nat.*, 66<sup>me</sup> session (Zurich, 1883).
41. — Resultate meiner Studien über die pelagische Fauna kleinerer und grösserer Süßwasserbecken der Schweiz. *Zeitschr. f. wiss. Zool.*, Band 40.
42. — Die Fauna des Bodensees. *Zool. Anz.*, Band 14.
43. KLUNZINGER, C.-B. Ergebnisse der neueren Bodensee-Forschungen. *Archiv für Hydrobiologie*, Band II, 1906.
44. KOFOID, Charles-A. On some important sources of error in the Plankton method. Reprinted from *Science*. N. S., vol. VI, n° 153, 1897.
45. — Die Aufgaben der biologischen Stationen. *Internat. Rev. des ges. Hydr. und Hydr.*, 1914.
46. LINDER, Ch. Etude de la faune pélagique du lac de Bret. *Revue suisse de zoologie*, tome XII, 1904.
47. LOZERON, H. La répartition verticale du plancton dans le lac de Zurich de déc. 1900 à déc. 1901. *Arbeiten aus dem botan. Museum des eidg. Polytechnikums*, VIII, Zürich.
48. MONARD, A. La faune profonde du Lac de Neuchâtel. *Bull. de la Soc. neuch. des sc. nat.*, tome XLIV, 1919.
49. — La profondeur des lacs et leur origine glaciaire. *Bull. de la Soc. neuch. des sc. nat.*, tome XLIII, p. 96-105.
50. PITARD, E. Sur le plankton des lacs du Jura. *C. R. Soc. helv. sc. nat.* (Zurich, 1896).
51. SCHMASSMANN, W. Über den Einfluss des Planktons auf die Transparenz und die Sauerstoff- und Kohlensäureschichtung im Davoser See. *Festschrift für Zschokke*. Basel, 1920.
52. SCHRÖTER, C. Die Schwebeflora unserer Seen (Das Phytoplankton). *Naturforsch. Gesell. Zürich*, Band XCIX, 1897.

53. SCHRÖTER, C. und KIRCHNER, O. Bodensee-Forschungen: Die Vegetation des Bodensees. *Schriften des Vereins für Gesch. des Bodensees*, Heft 31.
54. STEINMANN, P. u. SURBECK, G. Die Wirkung organ. Verunreinigungen auf die Fauna, etc. Berne, 1918.
55. STEUER, A. Planktonkunde. Leipzig u. Berlin, 1910. Teubner.
56. STINGELIN, Th. *Cat. des Invert. de la Suisse*, fasc. 2. Phyllopodes. Genève, 1908.
57. STINGELIN, Th. Bemerkungen über die Fauna des Neuenburgersees. *Rev. suisse de zool.*, tome IX.
58. THIÉBAUD, M. et FAVRE, J. Contribution à l'étude de la faune des eaux du Jura. *Annales de biologie lacustre*, tome I, 1906.
59. — Sur la faune invertébrée des mares de Pouillerel. *Zool. Anz.*, Band XXX, Nr. 6, 1906.
60. THIÉBAUD, M. Sur la faune invertébrée du lac de Saint-Blaise. *Zool. Anz.*, Band XXIX, Nr. 25 u. 26, 1906.
61. — Contribution à la biologie du lac de Saint-Blaise. *Annales de biologie lacustre*, tome III, 1908.
62. — *Cat. des Invert. de la Suisse*, fasc. 8: Copépodes. Genève, 1915.
63. THIENEMANN, A. Eine einfache Form des Meyer'schen Schöpfflasche, 1909.
64. — Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. *Archiv für Hydrob.*, Band XII, 1918.
65. WEBER, E.-F. Faune rotatorienne du Bassin du Léman. *Revue suisse de zool.*, tome V.
66. WESENBERG-LUND. Grundzüge der Biologie und Geographie des Süßwasserplanktons nebst Bemerkungen über Hauptprobleme zukünftiger limnologischer Forschungen. *Int. Rev. d. ges. Hydr. u. Hydr.* Leipzig, 1910.
67. YUNG, E. Des variations quantitatives du Plancton dans le lac Léman. *Arch. d. sc. phys. et nat.*, tome VIII, 1899.
68. — Des variations quantitatives du Plancton dans le lac Léman. 2<sup>me</sup> mémoire. *Arch. d. sc. phys. et nat.*, tome XIV, 1902.
69. ZSCHOKKE, F. Beitrag zur Kenntniss der Fauna von Gebirgsseen. *Zool. Anz.* Jahrg. 13.
70. — Faunistische Studien an Gebirgsseen. *Verhandl. naturforsch. Gesell. Basel*, Band 9.
71. — Weiterer Beitrag zur Kenntniss der Fauna von Gebirgsseen. *Zool. Anz.*, Band 14.
72. — Die Thierwelt der Juraseen. *Revue suisse de zool.*, tome II.



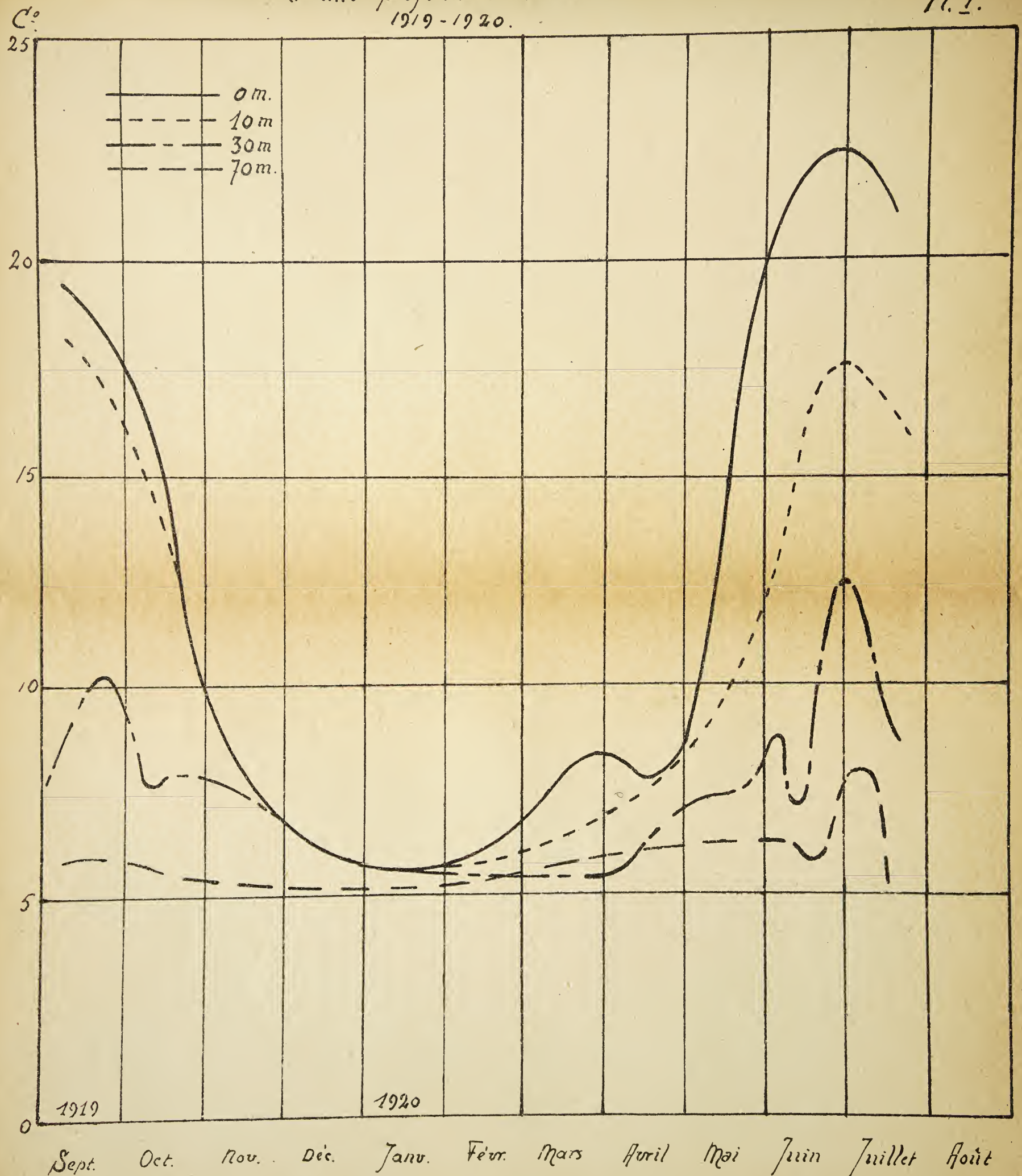
Variations annuelles de température

# Variations annuelles de température.

à une profondeur déterminée.

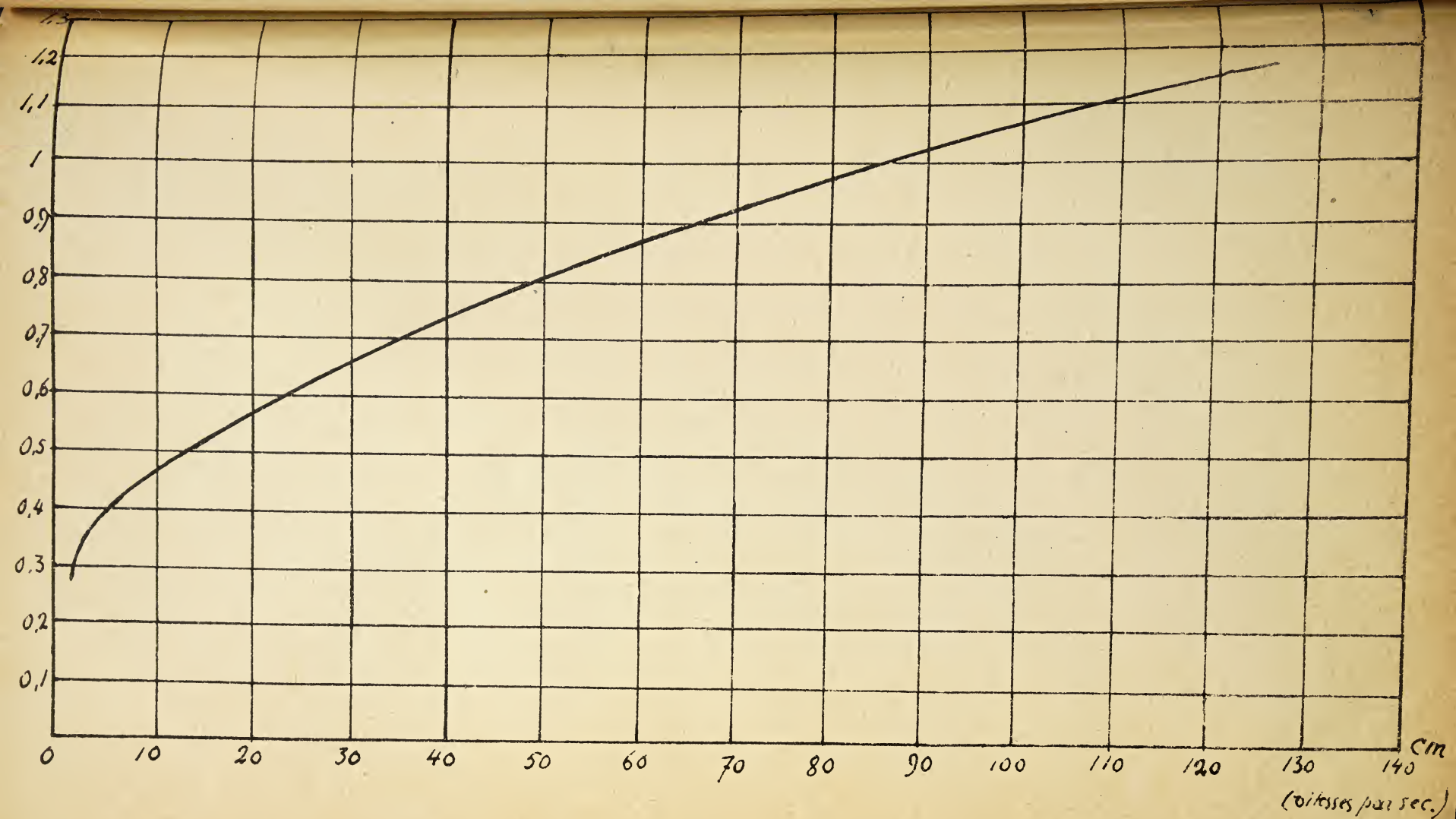
1919-1920.

Pl. I.



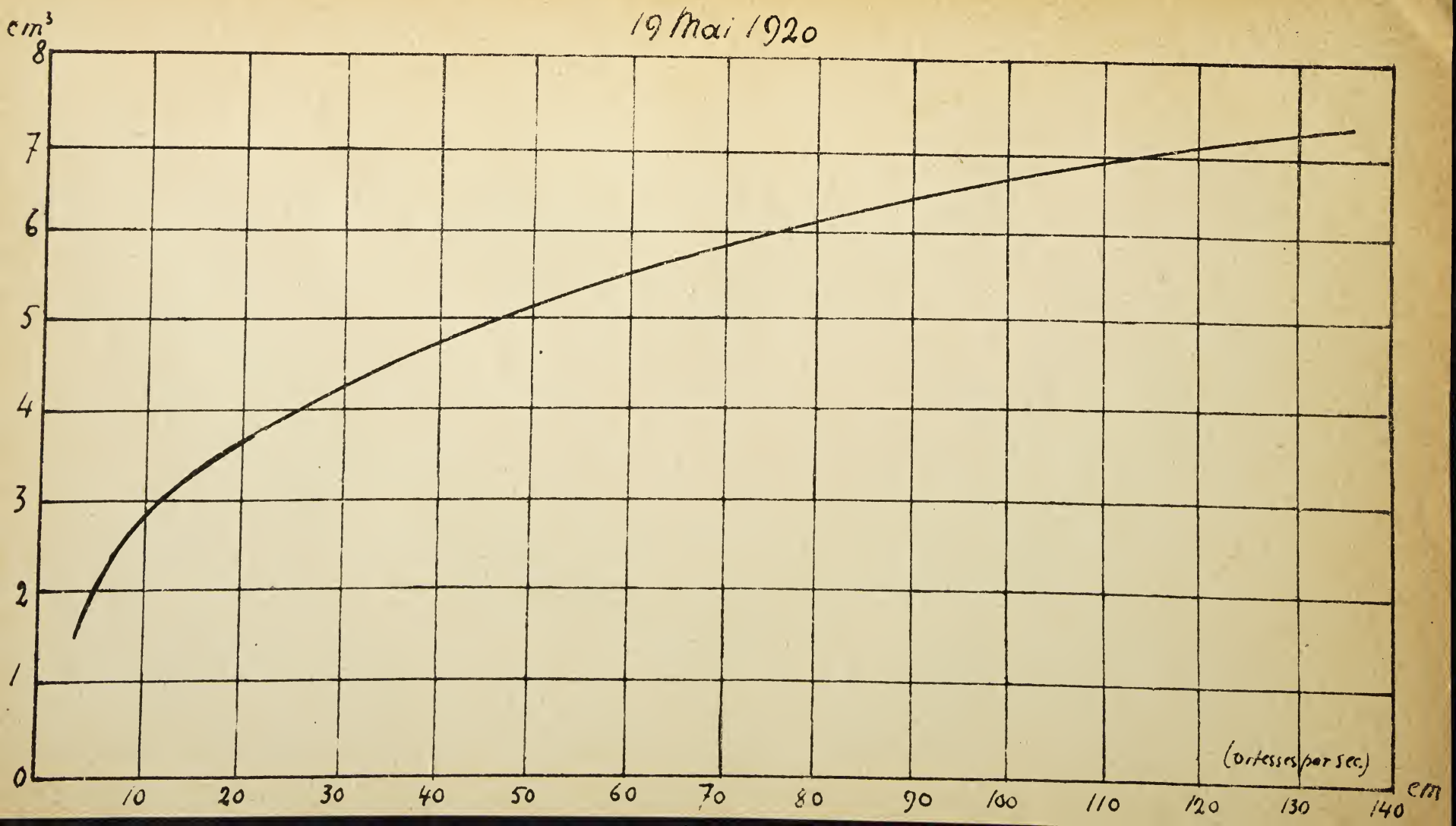






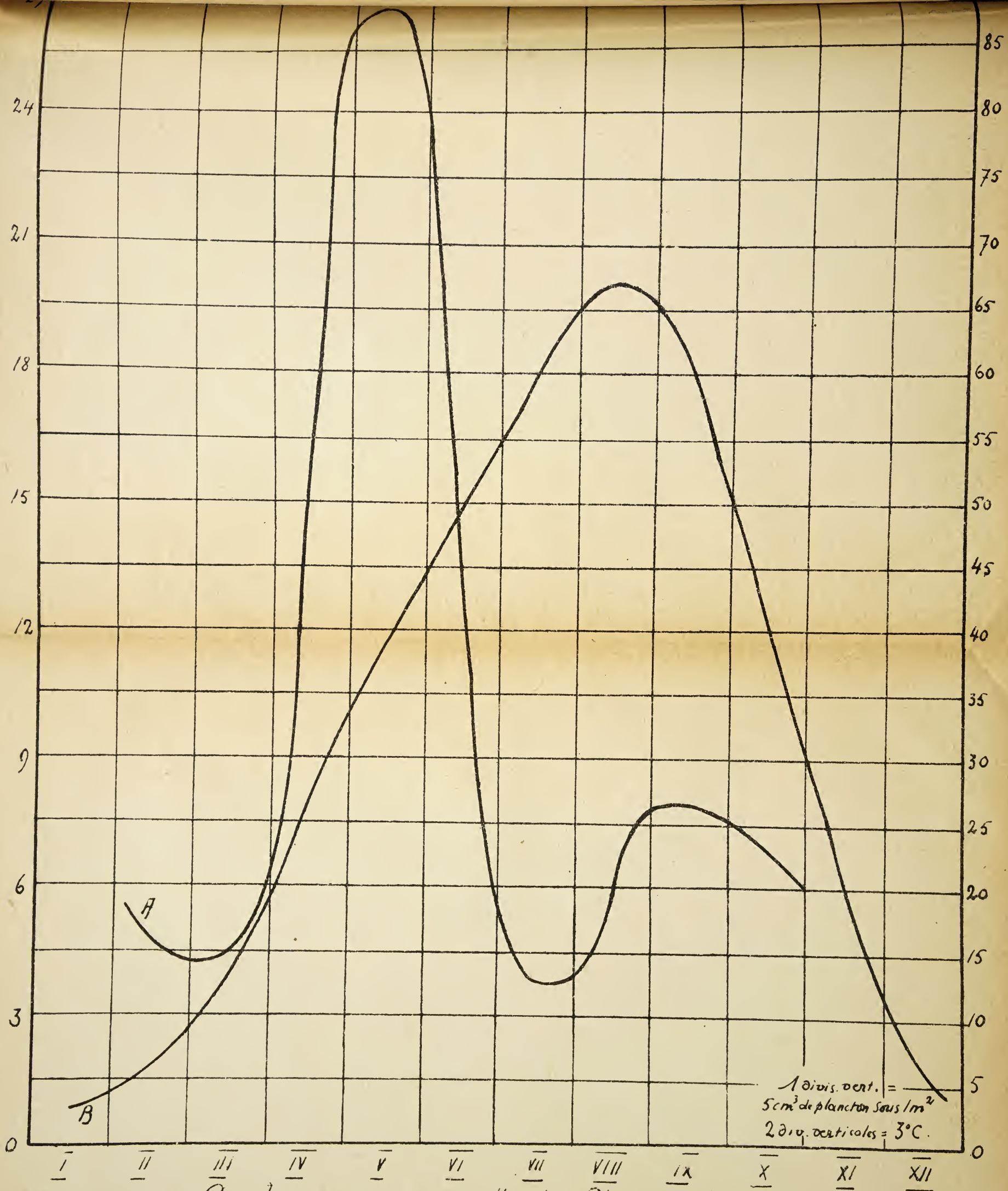
Courbes indiquant le rapport entre le volume du plancton et la vitesse de relevée du Filet.

19 Mai 1920









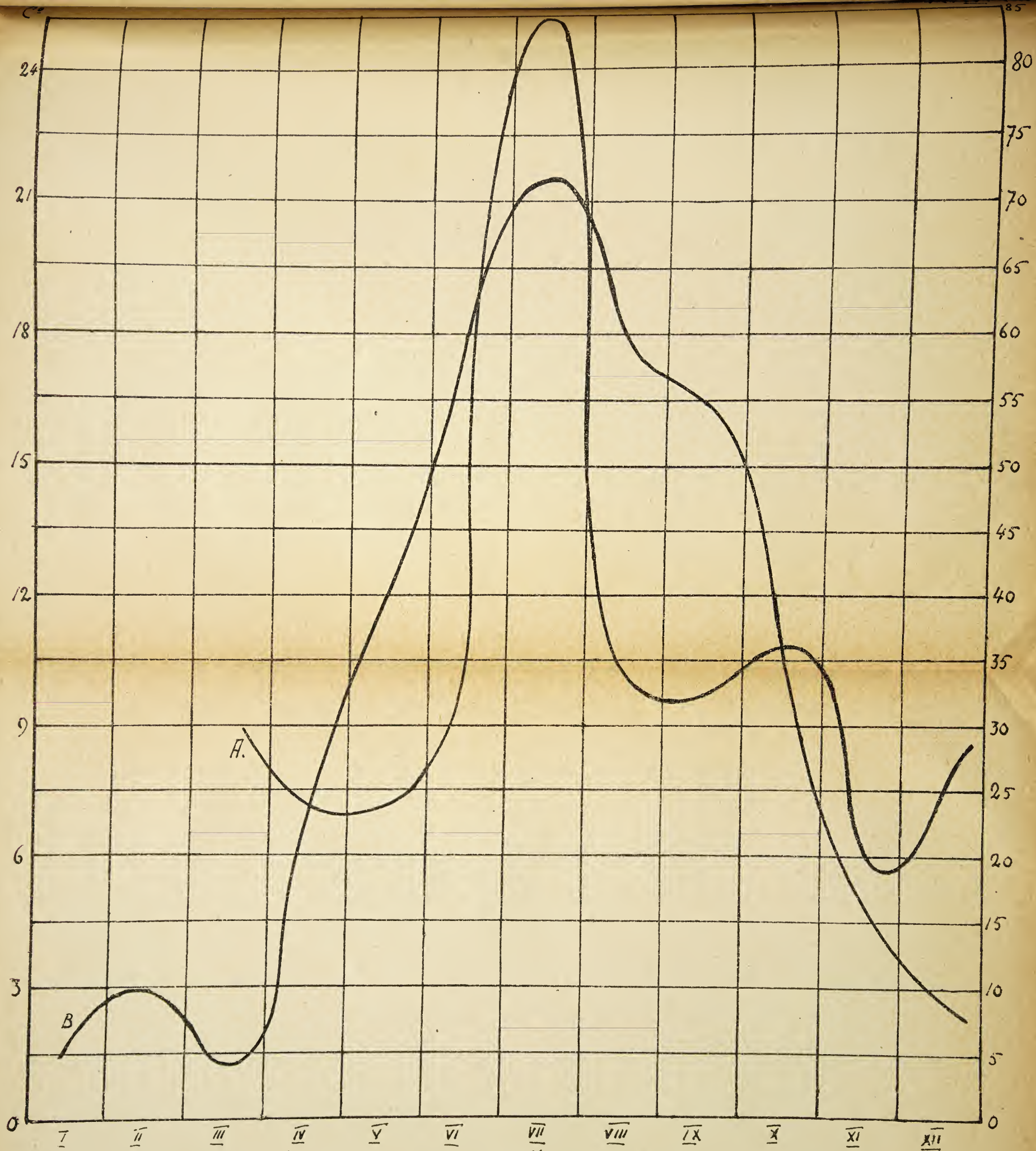
1 divis. vert. =  $\frac{5 \text{ cm}^3 \text{ de plancton sous } 1 \text{ m}^2}{2 \text{ div. verticales} = 3^\circ \text{C.}}$

1898

A: Courbe moyenne annuelle du Plancton (40m).  
 B: " " " " de la température de l'air. I-XII: mois.







1900

A: Courbe moyenne annuelle du Plancton (40m.)

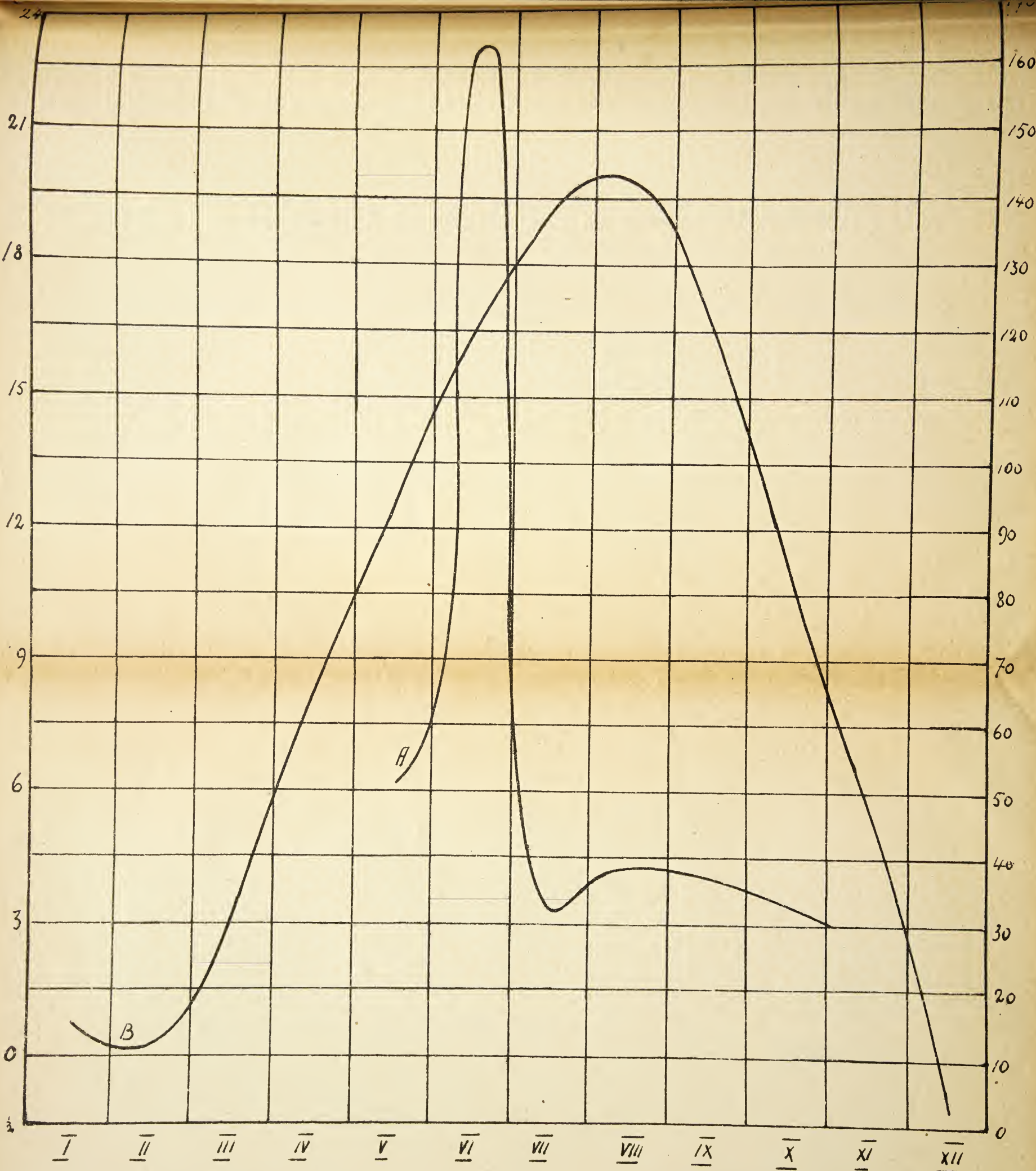
B " " " de la Température de l'air.

I - XII = Mois.

1 division verticale  
= 5 cm<sup>3</sup> de Plancton  
sous 1 m<sup>2</sup>.  
2 divisions vert.  
= 3° C.







1906

A: Courbe moyenne annuelle du Plancton (30 m).

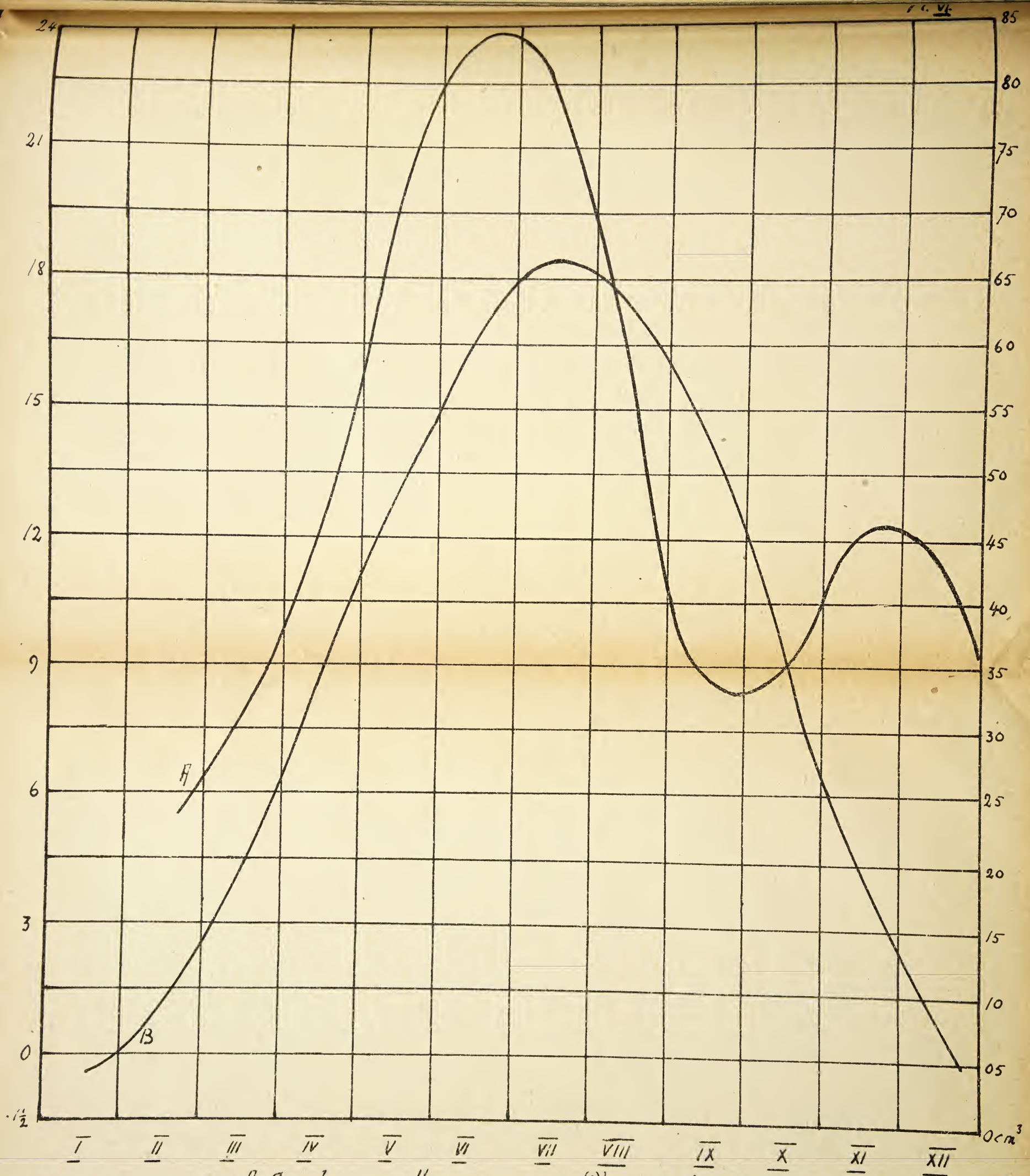
B: " " " de la température de l'air.

I - XII = mois.

1 div. vert. = 10 cm<sup>3</sup> Plancton  
sur 1 m<sup>2</sup>  
2 div. vert. = 3°C







1917

A: Courbe annuelle moyenne du Plankton (50m).

B. " " " de la température de l'air.

I - XII = mois.

1 div. vert. =  $5 \text{ cm}^3 \text{ plank. sais/m}^2$

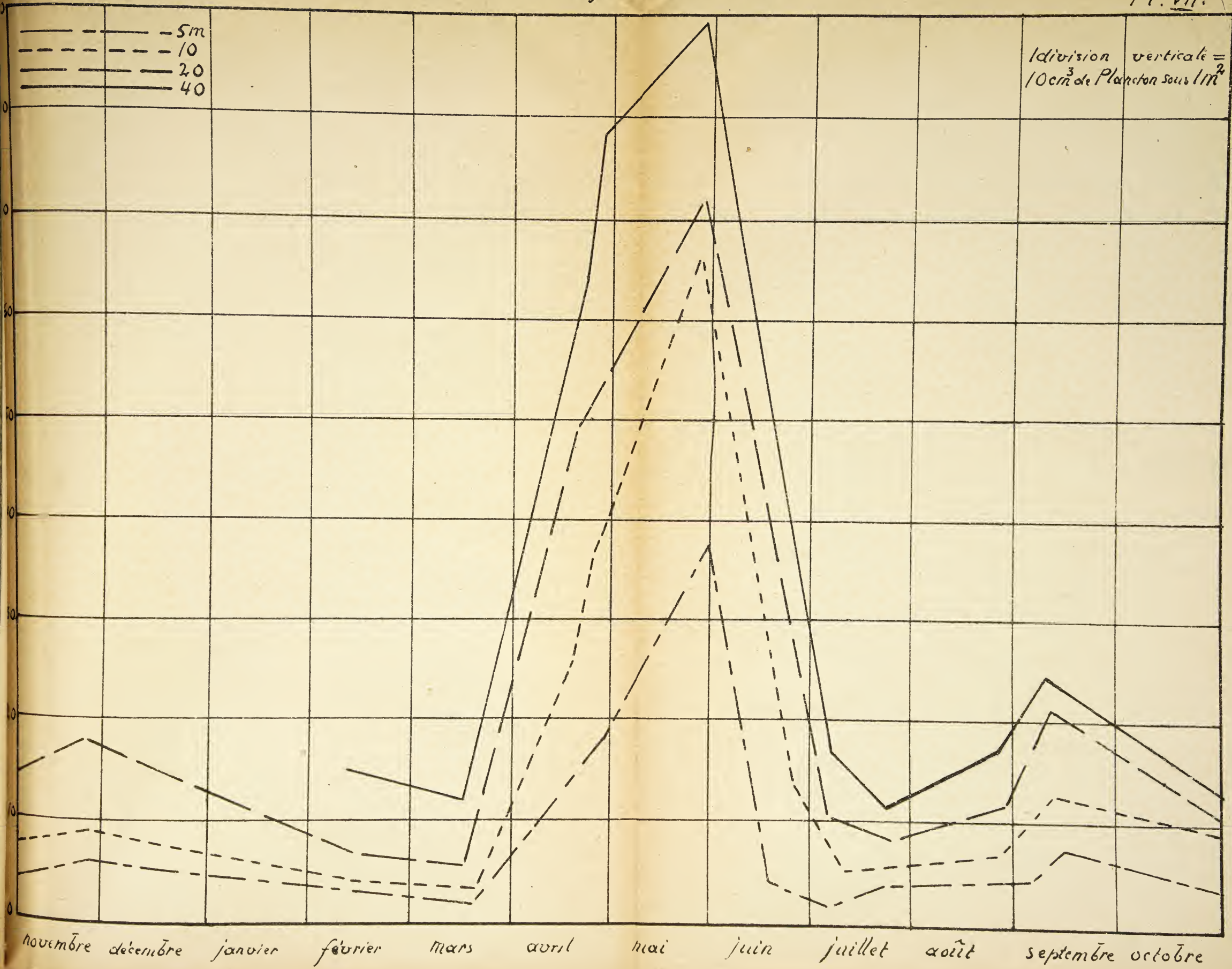
2 div. vert. =  $3^\circ \text{C}$ .



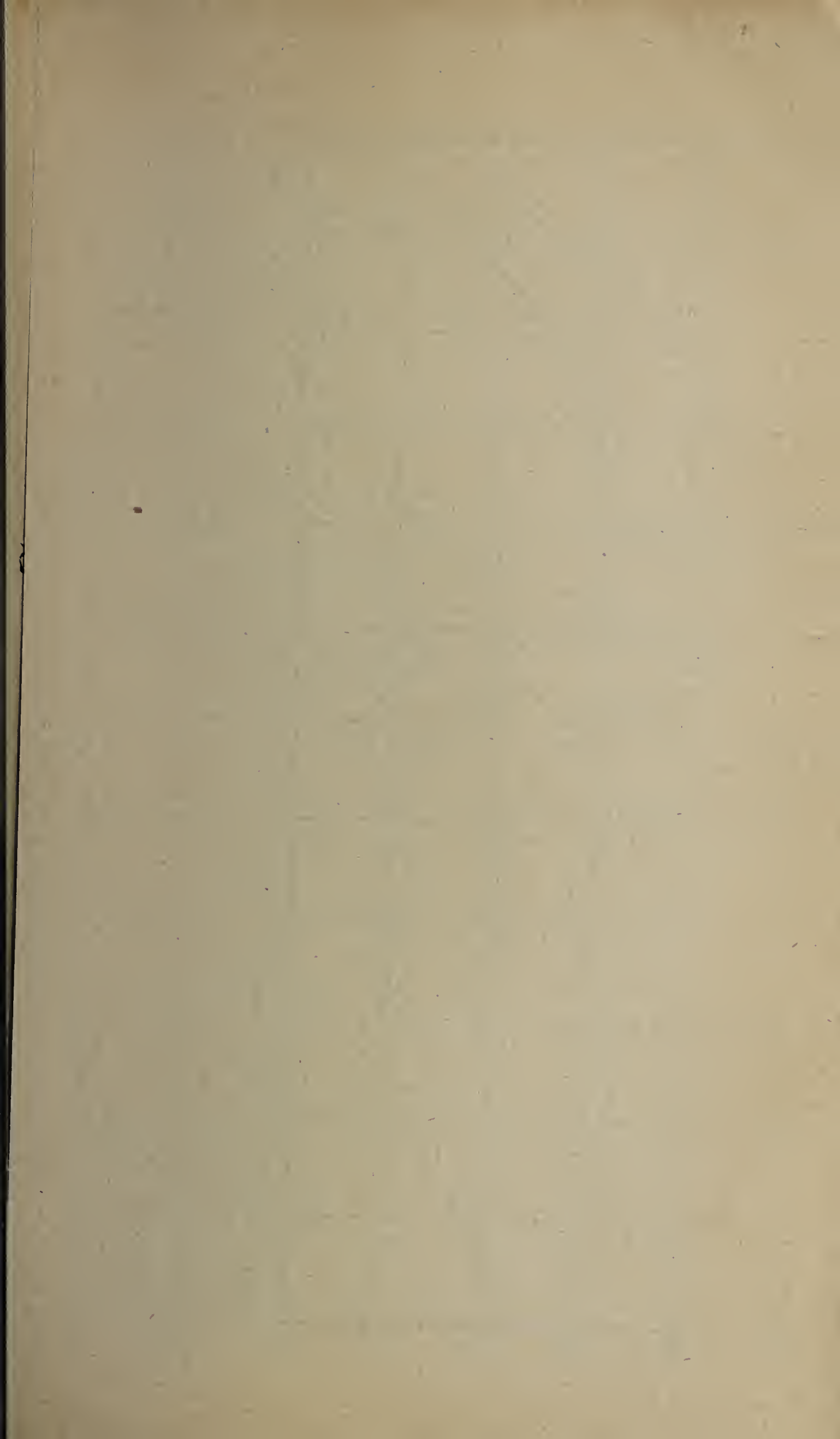


# 1897-1898. Courbes moyennes du Plankton.

Pl. VII.



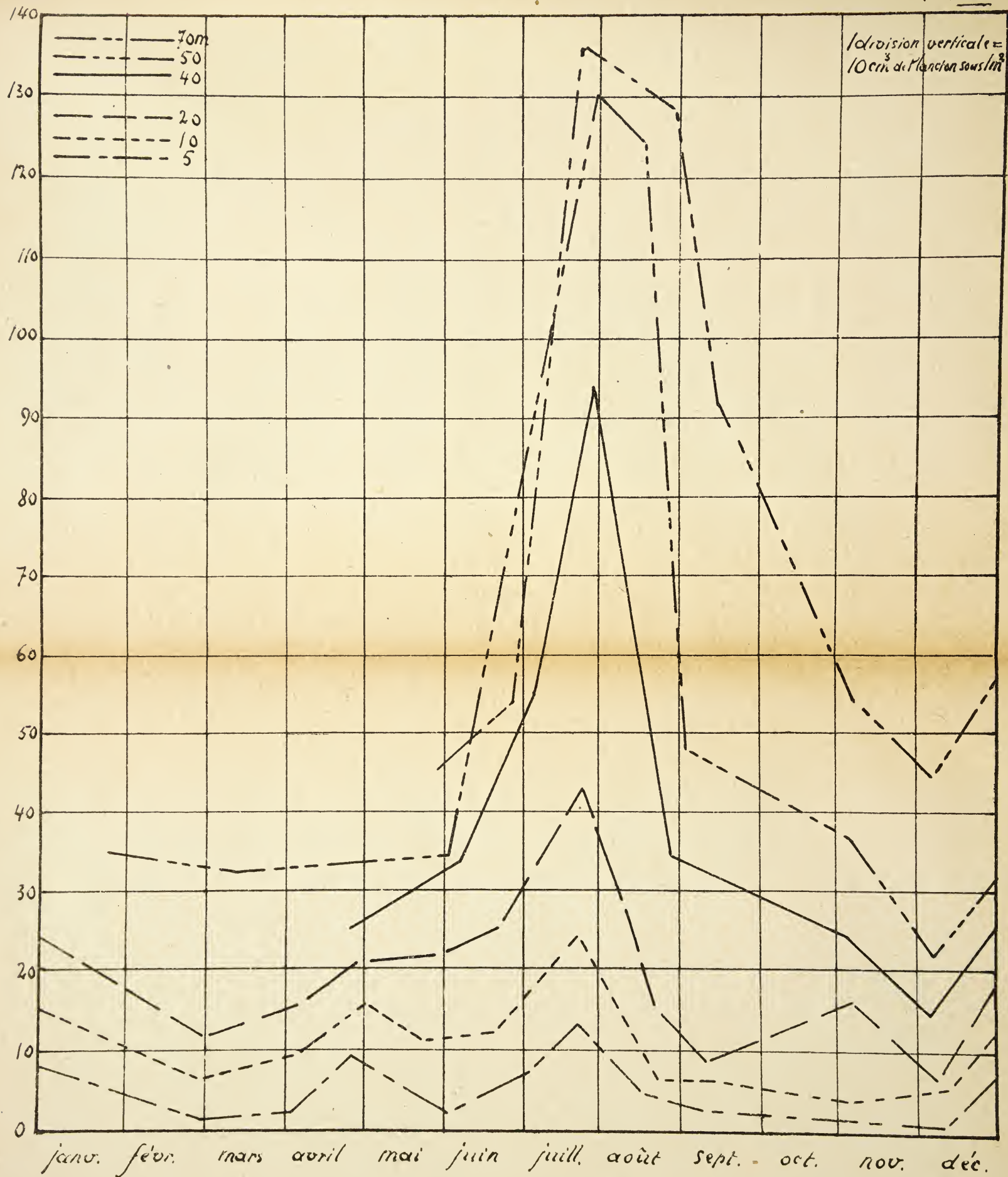




cm<sup>3</sup>

## 1900 Courbes moyennes du Plancton

Pl. VIII.

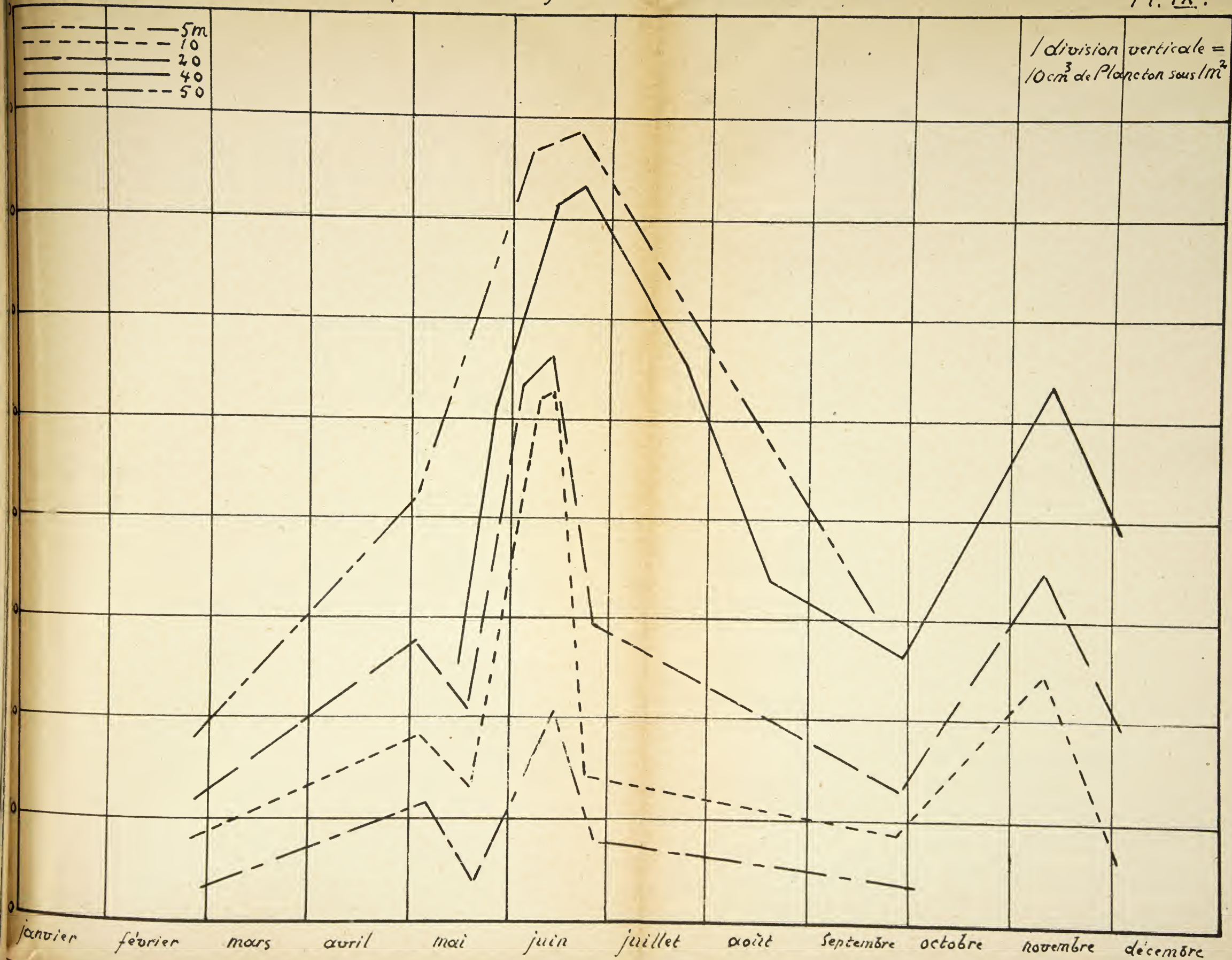






# 1917. Courbes moyennes du Plancton.

Pl. IX.





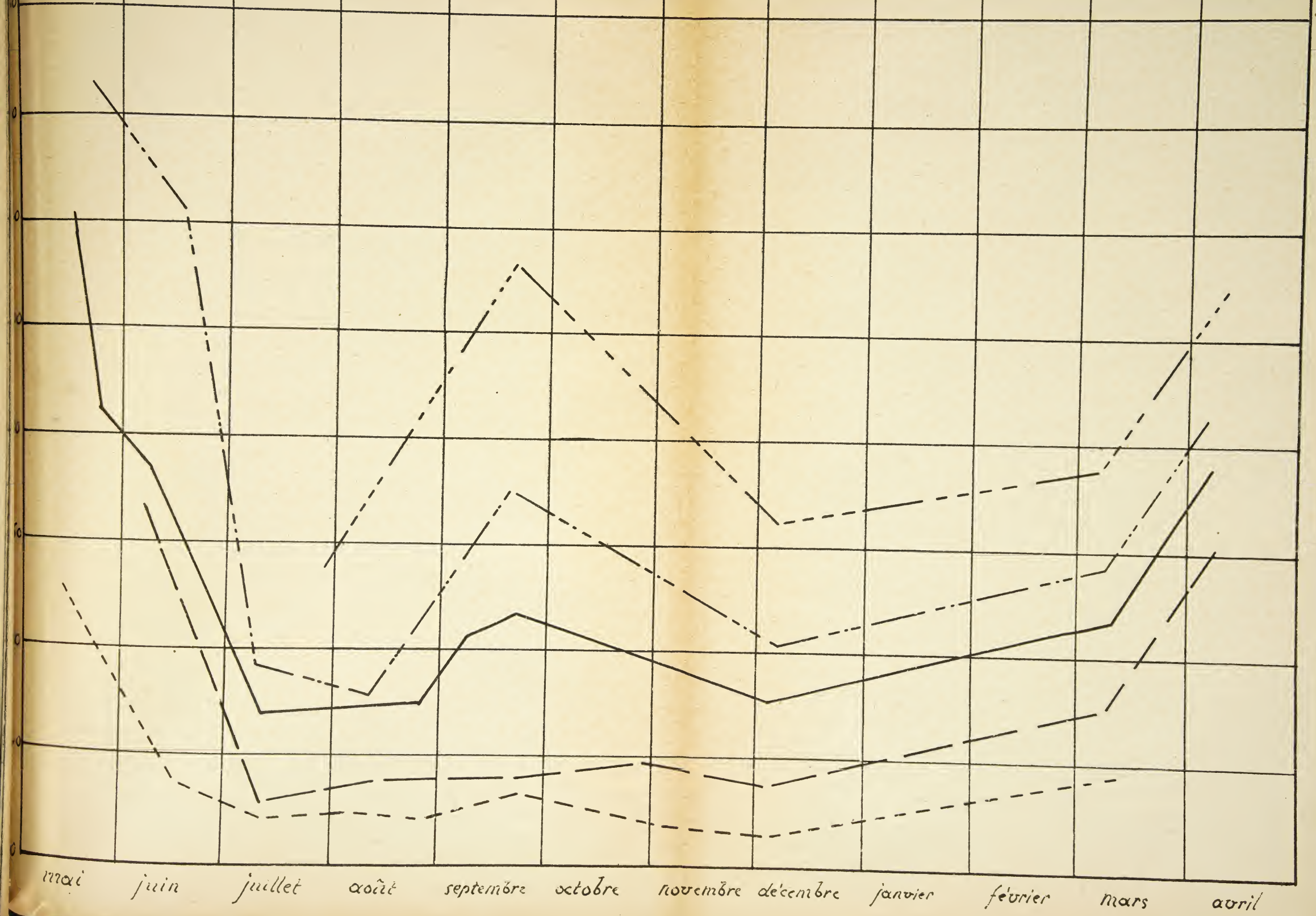


# 1919-1920. Courbes moyennes du Plancton.

Pl.  $\bar{x}$ .

--- 10m  
 --- 20  
 --- 40  
 --- 60  
 --- 80

1 division verticale =  
20cm<sup>3</sup> de Plancton sous m<sup>2</sup>







Températures

Observations Fehrmann.

Tableau 1.

| Profondeurs | 1916                                 | 1916    | 1916      | 1917       | 1917                              | 1917        | 1918       | 1918     | 1918   | 1918             | 1918             | 1918                     |
|-------------|--------------------------------------|---------|-----------|------------|-----------------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------------|------------------|--------------------------|
|             | 23 Juin                              | 2 Août  | 3 Octobre | 25 février | 27 avril                          | 5 Juin      | 28 février | 10 mai   | 19 mai | 8 Juin           | 7 juillet        | 8 août.                  |
| Surface     | -                                    | 25°C.   | 15°C.     | -          | -                                 | 19°C.       | 4°C.       | 14,5°C.  | 17°C.  | 15°C.            | -                | -                        |
| 5cm         | 21,8°C.                              | -       | -         | 5,2°C.     | 5,8°C.                            | 20cm: 18°C. | -          | -        | -      | -                | -                | -                        |
| 1m          | 20cm: 19,5<br>40cm: 18<br>80cm: 17,5 | -       | -         | 4,5        | 20cm: 5,7<br>40cm: 5,5<br>1m: 5,2 | -           | -          | -        | -      | -                | 16,2°C.          | 19,6°C.                  |
| 2m          | -                                    | -       | -         | -          | 5                                 | 16,5        | -          | -        | -      | -                | -                | 19,2                     |
| 5m          | -                                    | 18,5    | -         | 4,5        | 5                                 | 13,75       | 4          | 10       | -      | 12               | -                | -                        |
| 10m         | 14                                   | 16      | 14        | -          | 5                                 | 9,5         | -          | 8,7      | 11     | 11,5             | 13,5             | 17,8                     |
| 15m         | -                                    | -       | -         | -          | -                                 | -           | -          | 8        | -      | -                | -                | 19,5m: 15,7<br>15m: 10,4 |
| 20m         | 11,8                                 | 12      | 13,75     | 4,25       | -                                 | 6,5         | 4          | 7        | -      | 10,2<br>25m: 9,5 | 10,5<br>25m: 7,5 | 8                        |
| 30m         | 9,2                                  | 8,25    | 13,50     | -          | -                                 | 5,8         | -          | 5,5      | 35m: 6 | 6,5              | 7                | 6                        |
| 40m         | 6,6                                  | 6,7     | 9         | -          | -                                 | -           | -          | -        | -      | 5,5              | -                | -                        |
| 50m         | 6,4                                  | 6,5     | -         | 4,20       | 4,75                              | 4,9         | 4          | 4,7      | -      | 4,85             | -                | 5,1                      |
| 70m         | 6                                    | -       | 6,75      | -          | -                                 | -           | -          | -        | -      | -                | 4,8              | 4,8                      |
| -           | 80m: 5,8<br>75m: 5,5                 | 100m: 6 | 100m: 6   | 67m: 4,2   | 80m: 4,6                          | 87m: 4,7    | -          | 85m: 4,5 | -      | 107m: 4,5        | -                | -                        |



ern

7nn

Dat

ema

urfe

m

, m

5 m

0 m

/5

20

30

40

50

20

Tableau 2.

[illegible]



PS

J

ia

v  
u

S

m

m

n

/

v  
u

v

v

v

v

| Indications.                                                          | Filet Fuhrmann 12.   |                      | Filet Fuhrmann 20.   |                      | Filet Nansen 12       |                       | Filet Nansen 20       |                       |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                                       | Filet sec            | F. mouillé           | F. sec               | F. mouillé           | F. sec                | F. mouillé            | F. sec.               | F. mouillé            |
| Diamètre ouvert. sup <sup>re</sup> .                                  | 25 cm                | 25 cm                | 25 cm                | 25 cm                | 36 cm                 | 36 cm                 | 36 cm                 | 36 cm                 |
| Surface ouvert. sup <sup>re</sup> .                                   | 490 cm <sup>2</sup>  | 490 cm <sup>2</sup>  | 490 cm <sup>2</sup>  | 490 cm <sup>2</sup>  | 1017 cm <sup>2</sup>  | 1017 cm <sup>2</sup>  | 1017 cm <sup>2</sup>  | 1017 cm <sup>2</sup>  |
| Surface du Filet                                                      | 9310 cm <sup>2</sup> | 9310 cm <sup>2</sup> | 9310 cm <sup>2</sup> | 9310 cm <sup>2</sup> | 13125 cm <sup>2</sup> | 13125 cm <sup>2</sup> | 13125 cm <sup>2</sup> | 13125 cm <sup>2</sup> |
| Nombre de fils par cm <sup>2</sup>                                    | 3233                 | 2640                 | 6880                 | 6075                 | 3233                  | 2640                  | 5655                  | 5420                  |
| Nombre d'ouvertures par cm <sup>2</sup>                               | 3120                 | 2538                 | 6715                 | 5920                 | 3120                  | 2538                  | 5520                  | 5300                  |
| Nombre total d'ouvertures.                                            | 29 millions          | 29 millions          | 62½ millions         | 62½ millions         | 42½ millions          | 42½ millions          | 72½ millions          | 72½ millions          |
| Surf. moyenne d'une ouvert.                                           | 5700 μ <sup>2</sup>  | 4225 μ <sup>2</sup>  | 3360 μ <sup>2</sup>  | 1750 μ <sup>2</sup>  | 5700 μ <sup>2</sup>   | 4225 μ <sup>2</sup>   | 3640 μ <sup>2</sup>   | 2244 μ <sup>2</sup>   |
| Surface filtrante                                                     | 1656 cm <sup>2</sup> | 1227 cm <sup>2</sup> | 2100 cm <sup>2</sup> | 1094 cm <sup>2</sup> | 2422 cm <sup>2</sup>  | 1795 cm <sup>2</sup>  | 2700 cm <sup>2</sup>  | 1626 cm <sup>2</sup>  |
| Rapport $\frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. totale du filet}}$ | $\frac{1}{5,62}$     | $\frac{1}{7,6}$      | $\frac{1}{4,43}$     | $\frac{1}{8,51}$     | $\frac{1}{5,42}$      | $\frac{1}{7,31}$      | $\frac{1}{4,86}$      | $\frac{1}{8,07}$      |
| Rapport $\frac{\text{Surf. filtrante}}{\text{Surf. ouvert. supre}}$   | 3,4                  | 2,5                  | 4,3                  | 2,24                 | 2,37                  | 1,76                  | 2,66                  | 1,60                  |
| Dimensions des ouvert.                                                | largeur              | 71 μ                 | 65                   | 48                   | 33                    | 71                    | 65                    | 52                    |
|                                                                       | longueur             | 80 μ                 | 65                   | 70                   | 53                    | 80                    | 65                    | 70                    |





25 Août 1916

Tabl. 4.

| F. 20<br>neuf<br>et<br>usage          | Diapt. grac. ♂ | Diapt. lac. ♂ | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Sept. hyal. | Sida | Daphnia | Not. long. | Flur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |      |     |
|---------------------------------------|----------------|---------------|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|------------|--------------|------------|-----------|------|-----|
| 50m<br>F. neuf<br>2,15cm <sup>3</sup> | -              | 2400          | -           | 80           | 550      | 40        | 80     | 2200        | 9100        | 35   | 5       | -          | 80           | 2000       | 5000      | 1800 | 280 |
| 50m<br>F. neuf<br>2,05cm <sup>3</sup> | -              | 2500          | -           | 160          | 450      | 80        | 200    | 900         | 10.800      | 30   | 15      | -          | 200          | 1700       | 7200      | 1350 | 250 |
| 50m<br>F. vieux<br>1,7cm <sup>3</sup> | -              | 2200          | -           | 160          | 650      | 40        | 1200   | 3600        | 7400        | 24   | 40      | -          | 450          | 1450       | 6200      | 4400 | 320 |

Remarque: Les Tableaux 4 et 5 indiquent le nombre total d'individus de la pêche.

14 Août 1905

Tabl. 5.

| F. 12<br>et<br>F. 20 | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | Naupl. | Byth. long. | Sept. hyal. | Sida | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Flur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|----------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|------------|--------------|------------|-----------|
| 50m<br>F. 12         | 3400         | -           | 1120        | 400          | 400      | 600    | 35          | 15          | 40   | 280     | 320     | -          | -            | -          | -         |
| 50m<br>F. 20         | 3200         | -           | 850         | 720          | 1000     | 10200  | 45          | 15          | 80   | 160     | 520     | 5500       | 4500         | 1050       | 2500      |
| 18 Juin 1906         |              |             |             |              |          |        |             |             |      |         |         |            |              |            |           |
| 40m<br>F. 12         | 3240         | 200         | 4150        | 360          | -        | 200    | 7           | -           | 120  | 280     | 840     | 160        | -            | -          | -         |
| 40m<br>F. 20         | 3270         | 550         | 1270        | 360          | 120      | 3200   | 10          | -           | 80   | 400     | 720     | 410        | -            | 1200       | 2800      |





11 Juin 1920

Tabl. 6.

| F. 12 et<br>F. 20<br>et<br>F. N. 12 et<br>F. N. 20 | Diapt. grac.<br>♂ | ♀   | Diapt. lac. ♂ | ♀ | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Sept. hyal. | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Anur. cochl. | Pol. plat. | T. long. |
|----------------------------------------------------|-------------------|-----|---------------|---|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|---------|---------|------------|--------------|------------|----------|
| 10-0m<br>F. 12                                     | 40                | 240 | -             | - | 200          | -            | 320      | 400       | 1800   | 5           | 10          | -       | 680     | 10000      | 10000        | 3200       | -        |
| 10-0m<br>F. 20                                     | -                 | 80  | -             | - | -            | -            | -        | 4800      | 3100   | 3           | 12          | 40      | 560     | 13.400     | 33.000       | 14.800     | -        |
| 10-0m<br>F. N. 12                                  | 80                | 200 | -             | - | 200          | 40           | 360      | 360       | 2600   | 2           | 7           | -       | 480     | 7500       | 7500         | 2400       | -        |
| 10-0m<br>F. N. 20                                  | 40                | 80  | -             | - | 240          | -            | 200      | 560       | 2800   | 2           | 4           | -       | 400     | 11.100     | 26.600       | 12.800     | -        |

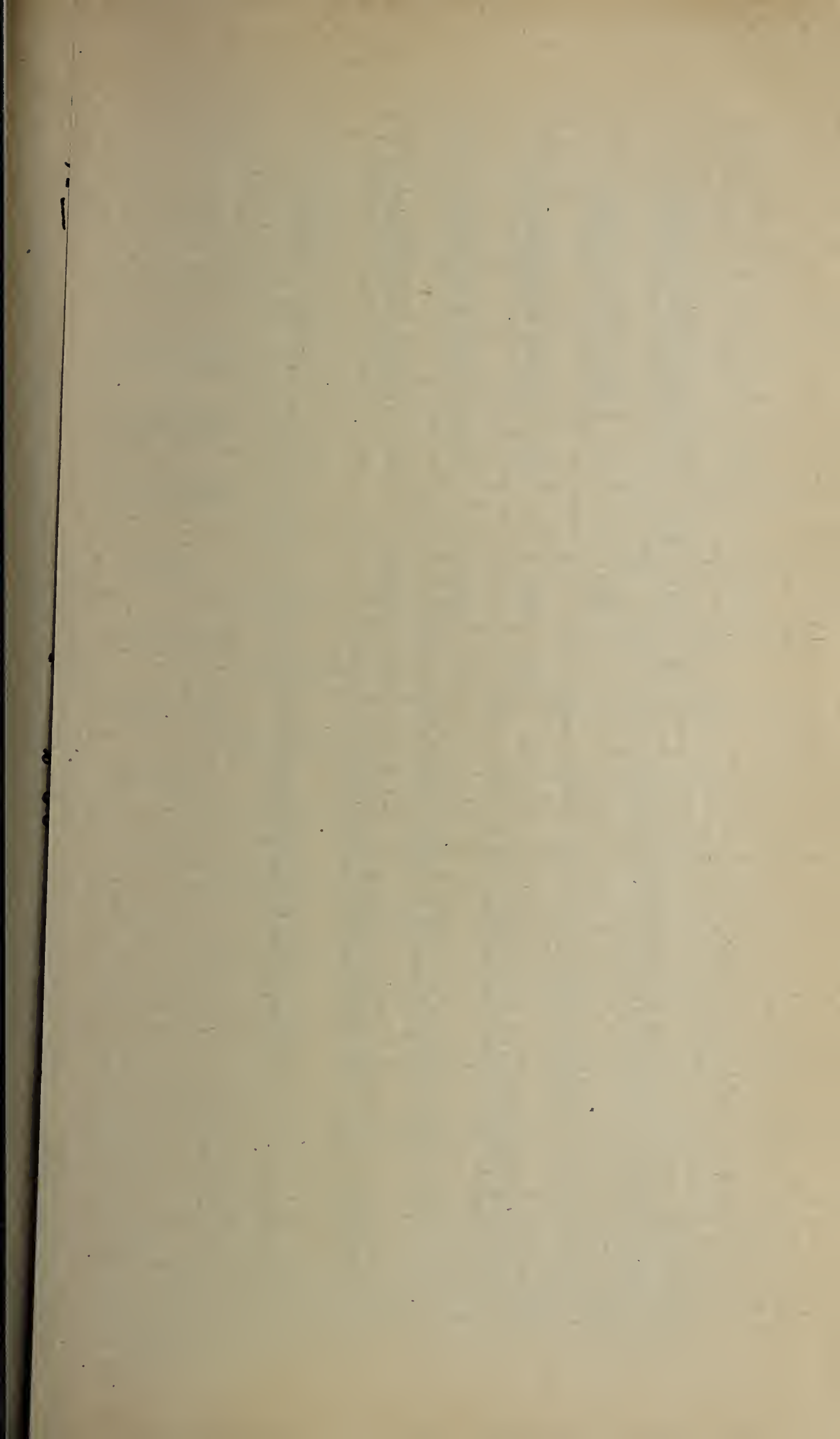
Remarque: Les tableaux 6 et 7 indiquent le nombre total d'individus de la pêche

22 Juin 1916

Tabl. 7.

| F. 15<br>et<br>F. 25 | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Sept. hyal. | Daphnia | Bosmina | Sida | Not. long. | Anur. cochl. | Pol. plat. | T. long. |
|----------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|---------|---------|------|------------|--------------|------------|----------|
| 10m<br>F. 15         | 7200         | 40          | 40           | 360          | 800      | 160       | 520    | 6           | 6           | 160     | 80      | -    | 250        | 4000         | 1300       | -        |
| 10m<br>F. 25         | 12.000       | -           | 240          | 600          | 880      | 80        | 570    | 9           | 6           | 80      | 160     | -    | 700        | 14.200       | 57.000!    | -        |
| 14m<br>F. 15         | 6800         | -           | 40           | 320          | 840      | 1120      | 8500   | 5           | 9           | -       | 40      | -    | 9300       | 12.800       | 8.200      | 280      |
| 14m<br>F. 25         | 11.200       | 240         | 280          | 80           | 400      | 960       | 30.400 | 3           | 4           | -       | 120     | -    | 11.800     | 18.600       | 77.000!    | 700      |
| 30m<br>F. 15         | 23.200       | 5400        | 240          | 20           | 800      | 1.400     | 4300   | 8           | 5           | 300     | 200     | 40   | 15.000     | 11.000       | 2.500      | 600      |
| 30m<br>F. 25         | 6000         | 2400        | 600          | 480          | 700      | 1900      | 5000   | 5           | 2           | 40      | 80      | 40   | 21.800     | 20.600       | 78.000!    | 700      |





22 Septembre 1917.

Tableau 8.

| F. 12<br>et<br>F. N. 12                | Diapt. grac.<br>♂ ♀ | Diapt. lac.<br>♂ ♀ | Cycl. stren. | Cycl. lenck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Sida | Daphnia | Diapt. brach. | Noth. long. | Hydr. corall. | Pol. plat. | Tr. long. |
|----------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------------|-------------|---------------|------------|-----------|
| 20m<br>F. 12<br>0,7cm <sup>3</sup>     | 80 1840             | - -                | 160          | 2000         | 1680     | 1600      | 3840   | -           | 3           | -    | -       | 240           | 1440        | 320           | 560        | -         |
| 20m<br>F. N. 12<br>2,15cm <sup>3</sup> | 200 5200            | - -                | 560          | 6880         | 10.000   | 3040      | 4880   | -           | 7           | -    | -       | 960           | 2480        | 240           | 280        | -         |
| 30m<br>F. 12<br>1,2cm <sup>3</sup>     | 80 2960             | - 80               | 320          | 2320         | 1840     | 880       | 7760   | -           | -           | -    | -       | 880           | 1680        | 720           | 280        | 80        |
| 30m<br>F. N. 12<br>2,1cm <sup>3</sup>  | 200 1040            | - 120              | 720          | 4160         | 4480     | 1200      | 11.360 | -           | 1           | -    | -       | 1280          | 4480        | 480           | 320        | -         |
| 50m<br>F. 12<br>1,4cm <sup>3</sup>     | 80 5200             | - -                | 400          | 3280         | 960      | 720       | 4720   | -           | -           | -    | -       | 800           | 960         | 120           | 80         | -         |
| 50m<br>F. N. 12<br>2,75cm <sup>3</sup> | 160 7840            | - -                | 1120         | 6400         | 4800     | 5280      | 16960  | -           | 3           | -    | -       | 960           | 3360        | 640           | 200        | -         |

7 Novembre 1919.

Tableau 9.

| F. 20<br>et<br>F. N. 20             | Diapt. grac. | Cycl. stren. | Cycl. lenck. | J. Cycl. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Sida | Daphnia | Bosmina | Diapt. brach. | Noth. long. | Hydr. corall. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|---------------|-------------|---------------|------------|-----------|
| 10m. F. 20<br>0,8cm <sup>3</sup>    | 1600         | 160          | 200          | 400      | 1440   | 10          | -           | -    | 40      | -       | 40            | 200         | 120           | 760        | 40        |
| 10m. F. N. 20<br>1,8cm <sup>3</sup> | 5880         | 120          | 1080         | 1360     | 2760   | 25          | -           | 40   | 40      | 40      | 40            | 920         | 600           | 3000       | -         |
| 20m. F. 20<br>1,05cm <sup>3</sup>   | 3600         | 200          | 760          | 720      | 1600   | 16          | -           | -    | 80      | -       | -             | 520         | 320           | 1720       | -         |
| 20m. F. N. 20<br>2,3cm <sup>3</sup> | 8920         | 120          | 1320         | 2280     | 6560   | 20          | -           | 40   | 80      | -       | 80            | 960         | 920           | 2880       | 80        |
| 30m.<br>F. 20                       | 4440         | 160          | 960          | 1220     | 2720   | 25          | -           | -    | 40      | -       | 40            | 920         | 600           | 2360       | 40        |
| 30m<br>F. N. 20                     | 10560        | 560          | 2520         | 5240     | 8480   | 25          | -           | -    | 40      | -       | 40            | 1200        | 1200          | 3020       | 200       |

Remarque: Les tableaux 8 et 9 indiquent le nombre total d'individus de la pêche.



Asp.

Tr.

Pol.

Frut

not

Bos

Da

Sept

Byth

had

7. D

7. G

ycl.

ycl.

apt

apt

8





4 Octobre 1916

Tableau 12.

4 Octobre 1916

Tableau 12.

| F. 20.                                 | Diapt. grac. ♂ | Diapt. grac. ♀ | Diapt. lac. ♂ | Diapt. lac. ♀ | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Bida | Daphnia | Bosmina | Noth. long. | Heur. coch. | Pol. plat. | Tr. long. | Plas. Huds. |
|----------------------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|-------------|------------|-----------|-------------|
| 50m<br>80 sec.<br>2 cm <sup>3</sup>    | 160            | 1680           | 120           | 520           | 400          | 80           | 760      | 240       | 21120  | 11          | -           | -    | 120     | -       | 760         | 960         | 21360      | 160       | -           |
| 50m<br>210 sec.<br>1,1 cm <sup>3</sup> | 40             | 520            | 120           | 120           | 240          | 120          | 560      | 240       | 11720  | 4           | 1           | -    | 200     | -       | 480         | 1040        | 1600       | 80        | -           |
| 50m<br>90 sec.<br>1,8 cm <sup>3</sup>  | -              | 1640           | 40            | 40            | 160          | 200          | 680      | 320       | 13600  | 13          | -           | -    | 40      | 40      | 880         | 440         | 25920      | 200       | -           |
| 50m<br>180 sec.<br>1,2 cm <sup>3</sup> | 80             | 1120           | 40            | 160           | 80           | 80           | 280      | 320       | 8160   | 4           | -           | -    | -       | -       | 280         | 520         | 11520      | 200       | -           |
| 70m<br>90 sec.<br>3,3 cm <sup>3</sup>  | 240            | 3040           | 160           | 800           | 400          | 320          | 1120     | 480       | 24400  | 4           | -           | 200  | 520     | 40      | 880         | 1200        | 24800      | 320       | 120         |
| 70m<br>280 sec.<br>1,4 cm <sup>3</sup> | 80             | 880            | -             | 240           | 120          | 160          | 520      | 80        | 8320   | 2           | 1           | 80   | 240     | -       | 120         | 720         | 11680      | -         | -           |

Remarque: Les tableaux 12 et 13 indiquent le nombre total d'individus de la pêche.

17 Septembre 1917

Tableau 13.

| F. N. 12.        | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Daphnia | Bosmina | Noth. long. | Heur. coch. | Pol. plat. | Tr. long. |
|------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|-------------|------------|-----------|
| I. 19-9,5m.      | 3000         | 840         | 360          | 1160         | 3240   | -           | -           | 80      | 120     | 240         | 960         | -          | 40        |
| II. 19-9,5m      | 2640         | 560         | 360          | 920          | 3240   | -           | -           | -       | 40      | 200         | 880         | -          | 40        |
| III. 19-9,5m     | 2520         | 600         | 320          | 880          | 2800   | -           | -           | 80      | 40      | 280         | 800         | -          | 40        |
| IV. 19-9,5m      | 3000         | 840         | 280          | 1120         | 3080   | -           | -           | 40      | 120     | 240         | 960         | -          | 40        |
| 20 Juillet 1917. |              |             |              |              |        |             |             |         |         |             |             |            |           |
| F. 20            |              |             |              |              |        |             |             |         |         |             |             |            |           |
| I. 40m           | 2360         | 560         | 200          | 280          | 1120   | 3           | 14          | 360     | -       | 1680        | 4560        | 2160       | 120       |
| II. 40m          | 2640         | 560         | 120          | 240          | 1320   | 3           | 14          | 440     | -       | 1640        | 4880        | 2420       | 40        |
| III. 40m         | 2680         | 800         | 120          | 280          | 1440   | 3           | 14          | 280     | -       | 1640        | 4400        | 2120       | 40        |



24 Octobre 1919

Tableau 14.

24 Octobre 1919

Tableau 14.

| Pompe            | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. sten. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Sida | Daphnia | Bosmina | Noth. long. | Phar. cochl. | Pol. plat. | T. long. |
|------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|--------------|------------|----------|
| 30-20m<br>20 lms | 26           | -           | 3           | 42           | 29       | 51     | -           | -           | -    | -       | -       | 3           | 10           | 13         | 3        |
| 20-10m<br>20 l.  | 44           | -           | -           | 72           | 69       | 23     | -           | -           | -    | -       | -       | 9           | 14           | 7          | 1        |
| 10-0m<br>20 l.   | 99           | -           | 3           | 28           | 57       | 10     | -           | -           | -    | -       | 1       | 4           | 18           | 25         | -        |
| 25m<br>20 l.     | 15           | -           | 1           | 6            | 13       | 26     | -           | -           | -    | -       | -       | 2           | 28           | 6          | -        |
| 24m<br>20 l.     | 19           | -           | 3           | 16           | 12       | 18     | -           | -           | -    | -       | -       | 6           | 9            | 2          | -        |
| 23m<br>20 l.     | 24           | -           | 2           | 36           | 17       | 28     | -           | -           | -    | -       | -       | 6           | 13           | 10         | -        |
| 22m<br>20 l.     | 16           | -           | -           | 21           | 16       | 29     | -           | -           | -    | -       | -       | 9           | 6            | 2          | -        |
| 21m<br>20 l.     | 22           | -           | -           | 55           | 14       | 27     | -           | -           | -    | -       | -       | 2           | 9            | 5          | -        |
| 20m<br>20 l.     | 45           | -           | 5           | 78           | 17       | 8      | -           | -           | -    | 1       | -       | 9           | 6            | 9          | -        |
| 20m<br>5 l.      | 7            | -           | 24          | 24           | 5        | 5      | -           | -           | -    | -       | -       | 2           | 8            | 7          | 1        |
| 20m<br>1 l.      | 4            | -           | 1           | 3            | -        | 3      | -           | -           | -    | -       | -       | 1           | -            | 1          | -        |

Remarque: Les tableaux 14 et 15 indiquent le nombre total d'individus de la pêche.

24 Octobre 1919

Tableau 15.

| F.N. 20     | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. sten. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Sida | Daphnia | Bosmina | Noth. long. | Phar. cochl. | Pol. plat. | T. long. | Diaph. brach. |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|--------------|------------|----------|---------------|
| 30-20m      | 1000         | -           | 120         | 2040         | 1640     | 5160   | 4           | -           | -    | 40      | -       | 200         | 120          | 40         | 40       | 80            |
| 20-10m      | 2280         | -           | 200         | 3760         | 3560     | 1440   | 6           | -           | -    | 40      | 40      | 840         | 360          | 120        | -        | 120           |
| 10-0m<br>I  | 6120         | -           | 240         | 1280         | 2360     | 800    | 5           | -           | -    | -       | 40      | 880         | 720          | -          | -        | 160           |
| 10-0m<br>II | 7440         | -           | 120         | 1240         | 2360     | 1000   | 5           | -           | -    | 80      | -       | 1160        | 880          | 40         | 40       | 120           |



27 Octobre 1919

Tabl. 16.

24 Octobre 1919

Tabl. 17.

24 Octobre 1919

Tabl. 16.

24 Octobre 1919

Tabl. 17.

|                         | A           | B           | C           | D           | E           | F           |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Pompe                   | 25m<br>20l. | 24m<br>20l. | 23m<br>20l. | 22m<br>20l. | 21m<br>20l. | 20m<br>20l. |
| Diapt. grac.            | 15          | 19          | 16          | 24          | 22          | 45          |
| Cycl. stren.            | 1           | 3           | -           | 2           | -           | 5           |
| Cycl. leuck.            | 16          | 16          | 21          | 36          | 55          | 78          |
| J. Cycl.                | 13          | 12          | 16          | 17          | 14          | 17          |
| Naupl.                  | 26          | 18          | 29          | 28          | 27          | 8           |
| Anur. cochl.            | 28          | 9           | 6           | 13          | 9           | 6           |
| Both. long.             | 2           | 6           | 9           | 16          | 2           | 9           |
| Pol. plat.              | 6           | 2           | 2           | 10          | 5           | 9           |
| Ceratum<br>hirundinella | ?           | ?           | ?           | ?           | ?           | 113         |

| F           | G          | H                     | I                 | K                   | L                    |
|-------------|------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| 20m<br>20l. | 20m<br>1l. | 20m<br>20l. =<br>6x20 | 20m<br>5l.<br>5l. | 20m<br>5l. =<br>6x5 | 20m<br>20l. =<br>1x4 |
| 45          | 4          | 80                    | 7                 | 20                  | 28                   |
| 5           | 1          | 20                    | 1                 | 5                   | 4                    |
| 78          | 3          | 60                    | 24                | 15                  | 96                   |
| 17          | -          | -                     | 5                 | -                   | 20                   |
| 8           | 3          | 60                    | 5                 | 15                  | 20                   |
| 6           | -          | -                     | 8                 | -                   | 32                   |
| 9           | 1          | 20                    | 2                 | 5                   | 8                    |
| 9           | 1          | 20                    | 7                 | 5                   | 28                   |
| 113         | 19         | 380                   | 61                | 95                  | 244                  |

Remarque: Les tableaux 16, 17, et 18 indiquent le nombre total d'individus recueillis à la pêche.

24 Juin 1920

Tabl. 18.

| Pompe<br>Häny<br>et<br>F.N. 12 | Diapt. grac.<br>♀ | Diapt. lac. | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Both. long. | Lept. häny. | Daphnia | Bosmina | Both. long. | Anur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|--------------------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|--------------|------------|-----------|
| Pompe<br>20-10m<br>10l.        | -                 | 8           | -            | -            | -        | 8         | 32     | -           | -           | -       | 4       | 236         | 612          | 108        | 4         |
| Pompe<br>10-0m<br>10l.         | -                 | -           | -            | -            | -        | 12        | 16     | -           | -           | -       | -       | 148         | 604          | 48         | 4         |
| F.N. 12<br>20-10m              | 160               | 320         | -            | -            | -        | 840       | 2120   | 1           | 2           | 40      | -       | 17000       | 28500        | 1300       | 160       |
| F.N. 12<br>10-0m               | 40                | 160         | -            | -            | 160      | 160       | 320    | 2320        | 4           | 18      | -       | 240         | 14100        | 52000      | 2900      |



Octobre 1916

Tabl. 19.

3 Octobre 1916

Tabl. 19.

| F. 20<br>neuf<br>usage.                  | Diapt. grac. |    | Diapt. lac. |     | Cycl. sten. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. Agal. | Stida | Daphnia | h. H. long. | Anur. cochl. | Pol. plat. | T. long. |
|------------------------------------------|--------------|----|-------------|-----|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|-------|---------|-------------|--------------|------------|----------|
|                                          | ♂            | ♀  | ♂           | ♀   |             |              |          |           |        |             |             |       |         |             |              |            |          |
| 50 m<br>F. usage<br>1,95 cm <sup>3</sup> | 1,6          | 15 | -           | 0,8 | 6,4         | 2,4          | 8,8      | 10,4      | 308    | 0,2         | 0,02        | -     | 1,6     | 35          | 37,6         | 578        | 5        |
| 50 m<br>F. neuf<br>2,6 cm <sup>3</sup>   | 1,6          | 28 | 0,8         | 4,8 | 4,8         | 9,6          | 10,4     | 10,4      | 406    | 0,4         | 0,1         | -     | 9,6     | 49          | 48           | 692        | 5,6      |
| 70 m<br>F. usage<br>2,3 cm <sup>3</sup>  | 2,4          | 29 | 1,6         | 4,8 | 4           | 3,2          | 9        | 14,4      | 280    | 0,2         | 0,02        | 1,6   | 8       | 13          | 20,4         | 485        | -        |
| 70 m<br>F. neuf<br>3,5 cm <sup>3</sup>   | 3,2          | 60 | 2,4         | 25  | 9,6         | 4,8          | 10,4     | 19,2      | 495    | 0,92        | 0,14        | -     | 16,8    | 26          | 36           | 686        | 1,6      |

Remarque: Les tableaux 20, 21, 22, et 23 indiquent le nombre de cm<sup>3</sup> de plancton sous 1 m<sup>2</sup>.

1897-1898. - Pêches Fuhrmann.

Tabl. 20.

| 1897-1898 | 23<br>Nov. | 5<br>Déc. | 10<br>Févr. | 17<br>Mars | 19<br>Avril | 21<br>Avril | 27<br>Mai | 18<br>Juin | 30<br>Juin | 18<br>Juillet | 23<br>Août | 3<br>Sept. | 22<br>Oct. |
|-----------|------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|
| 1-0 m     | -          | -         | -           | -          | -           | -           | -         | -          | -          | 0,5           | 1,6        | 2,7        | 2,7        |
| 2-0       | -          | -         | -           | 0,2        | 4,8         | 11          | 33,4      | -          | -          | -             | -          | -          | -          |
| 5-0       | 5,5        | 12,1      | 2,2         | 1,9        | -           | 19,8        | 37,6      | 2,8        | 1,1        | 5,5           | 5          | 8,8        | 4,4        |
| 10-0      | 9,9        | -         | 3,9         | 3,9        | 26,4        | 44          | 70,4      | 12,7       | 6,3        | 6,6           | 6,8        | 12,1       | -          |
| 15-0      | -          | -         | -           | -          | -           | 53,9        | -         | -          | -          | 7,7           | 11         | -          | 11         |
| 20-0      | 17,1       | -         | 6,8         | 6,1        | 49,5        | -           | 71,5      | 26         | 11         | 17,6          | 13,2       | 26         | 14         |
| 30-0      | 22         | 45,1      | 10,5        | -          | -           | -           | 83,6      | 33         | -          | 11            | 14,3       | 26         | 22         |
| 40-0      | -          | -         | 15,4        | 14,9       | 61,6        | 79          | 91,3      | 39,6       | 17,6       | 11,5          | 19,8       | 26         | 22         |
| 50-0      | 35,2       | -         | -           | -          | -           | -           | -         | -          | 22         | -             | -          | -          | -          |
| 60-0      | -          | -         | -           | -          | -           | 48,4        | -         | -          | -          | -             | -          | -          | -          |
| 65-0      | -          | -         | 22          | -          | -           | -           | -         | -          | 22         | -             | -          | -          | -          |



|  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  |  | 27 | 27 | 24 | 22 | 18 | 12 | 18 | 10 | 24 | 27 | 18 |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

1900. Pêches Fiehrmann. 126. 21.

| Profondeurs | 27<br>Févr. | 27<br>Mars | 24<br>Avril | 22<br>Mai | 18<br>Juin | 12<br>Juillet | 18<br>Août | 10<br>Sept. | 24<br>Oct. | 27<br>Nov. | 18<br>Déc. |
|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|------------|---------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| 5-0m        | 2,2         | 2,1        | 9,2         | 1,2       | 4,1        | 10,2          | 3,9        | 1,8         | 1,6        | 0,1        | 4,1        |
| 10-0        | 6,1         | 10,2       | 18,8        | 10,2      | 13,2       | 26,4          | 7,1        | 6,7         | 4,1        | 4,9        | 10,2       |
| 20-0        | 11,2        | 14,3       | -           | -         | 24,5       | 38,4          | 14,3       | -           | 13,9       | 6,1        | 19,4       |
| 30-0        | 22,4        | -          | 21,4        | 29,3      | 44,9       | -             | -          | -           | 16,7       | 10,2       | 21,4       |
| 40-0        | -           | 30,2       | 23,5        | 24,1      | 48,5       | 84,7          | 33,7       | -           | 36,7       | 18,4       | 27,5       |
| 50-0        | 29,6        | 30,6       | -           | 31        | 61,2       | 125,5         | 44,9       | 41,8        | 34,7       | 24,5       | 31,6       |
| 70-0        | 32,6        | -          | -           | 40,8      | 56         | 131,6         | 120,3      | 84,7        | 84,7       | 43,9       | 44,2       |

1917. Pêches Fiehrmann.

Tabl. 22.

| Profondeurs | 25<br>Févr. | 27<br>Avril. | 10<br>Mai | 12<br>Mai | 23<br>Mai | 4<br>Juin | 19<br>Juin | 14<br>Juillet | 13<br>Août | 22<br>Sept. | 2<br>Nov. | 19<br>Nov. |
|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------|------------|-------------|-----------|------------|
| 2-0m        | -           | 2            | -         | -         | -         | -         | 6,1        | -             | 10,2       | -           | -         | -          |
| 5-0         | 3,1         | 12,2         | 6,1       | 8,2       | -         | 20,4      | 8,1        | -             | 8,1        | 8,2         | -         | 3,1        |
| 10-0        | 8,2         | 18,4         | 14,7      | 18,4      | -         | 55,1      | 14,5       | -             | 18,4       | 12,2        | 26,9      | 6,1        |
| 15-0        | -           | -            | 19,4      | 24,5      | -         | -         | 44,9       | -             | -          | -           | -         | -          |
| 20-0        | 12,2        | 28,6         | 23,5      | 26,5      | 51        | 55,1      | 30,3       | 25,9          | 20,4       | 14,3        | 36,5      | 21,4       |
| 30-0        | -           | 38,8         | 24,5      | -         | -         | 71,4      | 60,5       | 38,4          | 25         | 24,5        | -         | 32,6       |
| 40-0        | -           | 40,8         | 23,5      | -         | 53        | -         | 73         | 58,6          | 35,5       | 27,5        | 54,8      | 40,8       |
| 50-0        | 18,4        | 40,8         | -         | -         | -         | 76,5      | 77,8       | 73,4          | 52,8       | 28,6        | -         | 53         |
| 60-0        | -           | 51           | 29,6      | -         | 53        | -         | 82,6       | 80,1          | 75,8       | -           | 67,2      | -          |
| 70-0        | 20,5        | -            | -         | -         | -         | -         | -          | 85,4          | -          | 37,7        | -         | -          |
| 80-0        | -           | 61,2         | -         | -         | -         | -         | -          | -             | 98         | -           | 73,9      | -          |



Prof.

5-0m

10-0

20-

30-

40-

50-

60-

70-

80-

1919-1920. Pêches Robert.

Tabl. 23.

[illegible]





30 juillet 1906

Tabl. 24.

| F. 20       | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. shen. | Cycl. lenck. | J. Cycl. | Nauplius | Cyph. long. | Lept. hyal. | Lida | Daphnia | Bosmina | Diaph. brach. | Not. long. | Amur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|----------|-------------|-------------|------|---------|---------|---------------|------------|--------------|------------|-----------|
| I<br>32 m   | 73           | 4,8         | 10,4        | 3,2          | 5,6      | 59       | 0,2         | 0,2         | 0,8  | 15      | 1,6     | -             | 100        | 24,8         | 15,6       | 104       |
| II<br>32 m  | 112          | 5,6         | 5,6         | 7,2          | 3,2      | 68       | 0,18        | 0,2         | -    | 12      | 3,2     | -             | 115        | 16           | 9,6        | 98        |
| III<br>32 m | 89           | 4,8         | 8           | 4,8          | 4        | 60       | 0,18        | 0,12        | 0,8  | 12,4    | 2,4     | -             | 104        | 19           | 10,4       | 96        |

Remarque: Ses tableaux, sauf indications spéciales, indiquent le nombre de milliers d'individus sous  $1m^2$  à la profondeur de la pêche.

1 Octobre 1906

Tabl. 25.

| F. 12.      | Diapt. grac. | Diapt. lac. | Cycl. shen. | Cycl. lenck. | J. Cycl. | Naupl. | Cyph. long. | Lept. hyal. | Lida | Daphnia | Bosmina | Diaph. brach. | Not. long. | Amur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|---------------|------------|--------------|------------|-----------|
| I<br>21 m.  | 179          | -           | 4,8         | 33           | 193      | 59     | 0,22        | -           | -    | 0,8     | 4,8     | 19,6          | 16         | 66           | 16,8       | 4         |
| II<br>21 m  | 147          | -           | 4           | 33           | 164      | 42     | 0,32        | 0,02        | -    | -       | 10,2    | 26            | 15         | 60           | 25         | 3,2       |
| III<br>21 m | 165          | -           | 0,8         | 33           | 149      | 47     | 0,1         | 0,04        | -    | 1,6     | 6,4     | 39            | 21         | 108          | 29         | 3,2       |
| I<br>31 m   | 117          | -           | 5,6         | 32           | 108      | 31     | 0,36        | -           | 1,6  | 0,8     | 5,6     | 20            | 23         | 65           | 22         | 8,8       |
| II<br>31 m  | 120          | -           | 3,2         | 35           | 125      | 26     | 0,2         | -           | 7,2  | -       | 7,2     | 15            | 25         | 104          | 21         | 10,4      |
| III<br>31 m | 102          | -           | 4,8         | 40           | 59       | 32     | 0,08        | -           | 2,4  | -       | 1,6     | 8,8           | 29         | 53           | 16         | 3,2       |



20 June 1911.

Tabl. 26.

20 juillet 1917.

Tabl. 26.

| F. 20                           | Diapt. grac. |    | Diapt. lac. |   | Cycl. stren. | Cycl. lenck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Fluv. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|---------------------------------|--------------|----|-------------|---|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|---------|---------|------------|--------------|------------|-----------|
| I. 40m<br>1,15cm <sup>3</sup>   | ♂            | ♀  | ♂           | ♀ |              |              |          |           |        |             |             |         |         |            |              |            |           |
|                                 | 5,6          | 59 | -           | - | 25,2         | 6,4          | ?        | ?         | 46     | 0,16        | 0,4         | 1,6     | ?       | 81         | 58           | 111        | 1,6       |
| II. 40m<br>1cm <sup>3</sup>     | 4            | 59 | -           | - | 16           | 4            | "        | "         | 33     | 0,14        | 0,2         | 0,8     | "       | 47         | 81           | 89         | -         |
| III. 40m<br>1cm <sup>3</sup>    | 3,2          | 56 | -           | - | 17           | 4,8          | "        | "         | 46     | 0,06        | 0,42        | -       | "       | 42         | 72           | 56         | 1,6       |
| IV. 40m<br>1,3cm <sup>3</sup>   | 4            | 51 | -           | - | 17           | 3,2          | "        | "         | 33     | 0,14        | 0,3         | 2,4     | "       | 34         | 105          | 105        | 2,4       |
| V. 40m<br>1,1cm <sup>3</sup>    | 4,8          | 49 | -           | - | 20           | 2,4          | "        | "         | 36     | 0,28        | 0,08        | 3,2     | "       | 44         | 97           | 81         | 0,8       |
| VI. 40m<br>1,35cm <sup>3</sup>  | 3,2          | 52 | -           | - | 17           | 2,4          | "        | "         | 44     | 0,12        | 0,2         | 4       | "       | 42         | 90           | 86         | 1,6       |
| VII. 40m<br>1,35cm <sup>3</sup> | 4            | 49 | -           | - | 22           | 3,2          | "        | "         | 48     | 0,12        | 0,18        | 3,2     | "       | 38         | 85           | 64         | -         |

3 Septembre 1919.

Tabl. 27.

| F. 12                          | Diapt. grac. |     | Diapt. lac. |     | Cycl. stren. | Cycl. lenck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Fluv. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|--------------------------------|--------------|-----|-------------|-----|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|---------|---------|------------|--------------|------------|-----------|
| I. 20m<br>1,1cm <sup>3</sup>   | ♂            | ♀   | ♂           | ♀   |              |              |          |           |        |             |             |         |         |            |              |            |           |
|                                | 4,8          | 71  | 0,8         | 2,4 | 4,8          | 25           | 90       | 27        | 194    | 0,1         | 0,14        | -       | 3,2     | 11         | 43           | 11,2       | -         |
| II. 20m<br>1cm <sup>3</sup>    | 4            | 46  | -           | -   | 2,4          | 17           | 60       | 35        | 181    | 0,22        | 0,16        | -       | 3,2     | 11         | 49           | 11,2       | -         |
| III. 20m<br>0,9cm <sup>3</sup> | 2,4          | 39  | 0,8         | 1,6 | 0,8          | 15           | 44       | 27        | 181    | 0,16        | 0,08        | -       | 0,8     | 5,6        | 68           | 4          | -         |
| IV. 20m<br>0,9cm <sup>3</sup>  | 3,2          | 52  | -           | -   | 0,8          | 19           | 82       | 35        | 204    | 0,02        | 0,1         | -       | 2,4     | 17,8       | 70           | 16         | -         |
| V. 20m<br>1,6cm <sup>3</sup>   | 7,2          | 84  | -           | 5,6 | 4,8          | 32           | 120      | 30        | 240    | -           | 0,2         | 4       | 5,6     | 8,8        | 46           | 5,6        | -         |
| I. 40m<br>2cm <sup>3</sup>     | 6,4          | 124 | -           | 1,6 | 2,4          | 34           | 101      | 26        | 338    | 1,16        | 0,1         | 0,8     | 7,2     | 28,4       | 41           | 60         | -         |
| II. 40m<br>2,1cm <sup>3</sup>  | 2,4          | 135 | -           | 1,6 | 5,6          | 29           | 62       | 40        | 253    | 0,8         | 0,24        | -       | 4,8     | 24         | 43           | 42         | -         |
| III. 40m<br>1,6cm <sup>3</sup> | 4,8          | 120 | 0,8         | 1,6 | 6,4          | 29           | 92       | 42        | 360    | 0,48        | 0,06        | -       | 0,8     | 27         | 86           | 34         | -         |



aspl.

Tr.

Pol

Anz

hark

Bos

Dap

Pr

Sept.

Byth.

har

J. Di

J. Cy

ycl. le

ycl. s

apt.

apt. q

4/12

Tabl. 28

| F. 12                            | Diapt. grac. |      | Diapt. lac. |     | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | P. ida | Daphnia | Bosmina | hol. long. | Fluv. coch. | Pol. plat. | Tr. long. | Aspl. p. 100. |
|----------------------------------|--------------|------|-------------|-----|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|--------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|---------------|
|                                  | ♂            | ♀    | ♂           | ♀   |             |              |          |           |        |             |             |        |         |         |            |             |            |           |               |
| I. 2.5m<br>2.7cm <sup>3</sup>    | 5,6          | 21   | -           | -   | 7.2         | 34           | 123      | 56        | 151    | 0,06        | -           | -      | 3,2     | 4       | 42         | 4,8         | 28         | 12,8      | 1,6           |
| II. 2.5m<br>3,1cm <sup>3</sup>   | 8            | 17,6 | -           | 0,8 | 10,8        | 40           | 168      | 65        | 192    | -           | -           | -      | -       | 1,6     | 43         | 12,8        | 16         | 8         | 8             |
| III. 2.5m<br>2,6cm <sup>3</sup>  | 4,8          | 24   | -           | -   | 6,4         | 28           | 176      | 81        | 190    | -           | -           | -      | -       | 5,6     | 32         | 14,6        | 9,6        | 6,4       | 6,4           |
| IV. 2.5m<br>2,75cm <sup>3</sup>  | 4,8          | 21   | -           | -   | 4,8         | 22           | 137      | 72        | 144    | 0,12        | -           | -      | -       | 4       | 29         | 4,8         | 13         | 14        | 7,6           |
| V. 2.5m<br>3,1cm <sup>3</sup>    | 4,8          | 30   | -           | -   | 4,8         | 36           | 112      | 64        | 148    | 0,06        | -           | -      | -       | 5,6     | 80         | 20          | 28         | 24        | 3,2           |
| VI. 2.5m<br>2,5cm <sup>3</sup>   | 3,2          | 30   | -           | -   | 2,4         | 32           | 162      | 86        | 155    | 0,04        | -           | -      | 0,8     | 3,2     | 46         | 16          | 28         | 16        | 6,4           |
| VII. 2.5m<br>2,7cm <sup>3</sup>  | 1,6          | 16   | -           | -   | 2,4         | 38           | 192      | 92        | 192    | 0,08        | -           | -      | 1,6     | 4,8     | 54         | 16          | 19         | 26        | 2,4           |
| VIII. 2.5m<br>2,7cm <sup>3</sup> | 5,6          | 23   | -           | -   | 4           | 48           | 120      | 52        | 181    | 0,04        | -           | -      | -       | 3,2     | 60         | 19,2        | 36         | 13        | 8             |

1900

Tabl. 29.

| F. 12             | Diapt. grac. |      | Diapt. lac. |     | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Lept. hyal. | Daphnia | Bosmina | hol. long. | Fluv. coch. | Pol. plat. | Tr. long. | Nida |     |
|-------------------|--------------|------|-------------|-----|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|------|-----|
|                   | ♂            | ♀    | ♂           | ♀   |             |              |          |           |        |             |         |         |            |             |            |           |      |     |
| 27 fevr.<br>20 m  | 7,2          | 18,8 | 0,8         | -   | 0,8         | 0,8          | -        | 9,6       | 205    | 0,04        | -       | -       | 1,6        | 8           | 1,6        | 0,8       | 8    | -   |
| 27 fevr.<br>50 m  | 8            | 8    | 0,8         | 0,8 | 0,8         | 1,6          | -        | 5,6       | 76     | 0,22        | -       | -       | 0,8        | 32          | -          | -         | 1,6  | -   |
| 27 mars<br>20 m   | 9,6          | 15   | 4           | 0,8 | -           | 2,4          | -        | 52        | 89     | 0,06        | -       | 0,8     | -          | 10,4        | 2,4        | 1,6       | 1,6  | -   |
| 27 mars<br>50 m   | 11,2         | 32   | 1,6         | 1,6 | 1,6         | 18,4         | -        | 70        | 388    | 0,12        | -       | 0,8     | 0,8        | 16,8        | 2,4        | 7,2       | 13,6 | -   |
| 24 avril<br>20 m  | 1,6          | 12,4 | 0,8         | -   | 0,8         | 23           | 8,8      | 137       | 228    | 0,04        | -       | -       | -          | 12          | -          | -         | 5    | -   |
| 24 avril<br>60 m  | 10           | 25   | -           | 0,8 | 1,6         | 26           | 24       | 110       | 440    | 0,02        | -       | 0,8     | 32         | 29          | 0,8        | -         | 15   | -   |
| 22 mai<br>20 m    | 6,4          | 105  | -           | -   | 13          | 60           | 20       | 23        | 132    | -           | 0,02    | 0,8     | -          | 9,8         | 0,6        | -         | 12   | 0,8 |
| 22 mai<br>50 m    | 5,6          | 42   | -           | -   | 6,4         | 48           | 21       | 82        | 120    | -           | -       | -       | 2,4        | 20          | -          | -         | 1,6  | 1,6 |
| 18 juin<br>20 m   | 8            | 74   | -           | -   | 24          | 3,2          | 2,4      | 38        | 136    | 0,7         | 0,04    | 2,4     | 3,2        | 96          | 46         | 4         | 62   | 4,8 |
| 18 juin<br>50 m   | 11           | 58   | -           | -   | 24          | 2,4          | 0,8      | 27        | 126    | 0,22        | 0,02    | 6,4     | 2,4        | 92          | 110        | 8         | 40   | 1,6 |
| 12 juill.<br>20 m | 1,6          | 11   | -           | -   | 1,6         | 21           | 90       | 9,6       | 102    | 0,28        | -       | 0,8     | 0,8        | 410         | 160        | -         | 36   | -   |
| 12 juill.<br>50 m | 2,4          | 31   | -           | -   | 3,2         | 32           | 49       | 52        | 282    | 0,62        | -       | 3,2     | 11,2       | 490         | 58         | 6,4       | 158  | -   |





Pêches Fühmann.

1900

Tabl. 30.

| F. 12            | Diapt. grac. |      | Diapt. lar. |     | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Nauph. | Byth. long. | Lept. hyal. | Diada | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Anur. corh. | Pol. plat. | Tr. long. |
|------------------|--------------|------|-------------|-----|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|-------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|
| 18 août<br>20 m  | ♂            | ♀    | ♂           | ♀   | -           | 6,4          | 13       | 18,6      | 181    | 0,2         | 0,2         | -     | -       | 0,8     | 45         | 406         | 6,4        | -         |
| 18 août<br>50 m  | 9,6          | 28   | -           | 1,6 | 2,4         | 10,4         | 13,6     | 24        | 270    | 0,72        | 0,66        | 0,8   | 0,8     | 0,8     | 47         | 290         | 12,8       | 16        |
| 10 sept.<br>20 m | -            | 7,2  | -           | -   | -           | 4,8          | 53       | 16        | 120    | 0,06        | 0,06        | -     | -       | -       | 14,4       | 165         | 26         | -         |
| 10 sept.<br>50 m | 3,2          | 32   | -           | -   | 0,8         | 6,4          | 34       | 6,4       | 37     | 0,24        | 0,14        | 2,4   | 0,8     | -       | 13         | 66          | 4,8        | 16        |
| 24 oct.<br>20 m  | -            | 9,6  | -           | -   | 3,2         | 4,8          | 10,4     | 3,2       | 14,4   | 0,04        | 0,02        | 2,4   | -       | 0,8     | 4          | 0,8         | 2,4        | -         |
| 24 oct.<br>50 m  | -            | 32   | -           | 0,8 | 7,2         | 38,4         | 56       | 24        | 84     | 0,2         | 0,02        | 0,8   | 0,8     | -       | 19         | 2,4         | 6,4        | -         |
| 27 nov.<br>30 m  | 3,2          | 11,2 | -           | -   | 1,6         | 7,2          | 4        | 1,6       | 35     | 0,14        | -           | -     | -       | -       | 4          | -           | 1,6        | 0,8       |
| 27 nov.<br>50 m  | 4            | 11,2 | -           | 1,6 | 1,6         | 17,6         | 3,2      | 1,6       | 104    | 0,1         | 0,02        | -     | -       | -       | 29         | 32          | 18         | 4,8       |
| 18 dec.<br>20 m  | 3,2          | 17,6 | 0,8         | 2,4 | 0,8         | 6,4          | 1,6      | 0,8       | 55     | 0,22        | -           | -     | 0,8     | -       | 15         | -           | 4,8        | 0,8       |
| 18 dec.<br>50 m  | 6,4          | 37   | 4           | 5,6 | 2,4         | 16           | -        | 1,6       | 217    | 0,12        | -           | -     | 0,8     | -       | 24         | -           | 4,8        | -         |



1306. 51.  
Tr  
Po  
An  
hor  
B  
D  
S  
Le  
By  
h  
J  
J  
C  
C  
die  
die  
e

| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeur | Diapt. grac.<br>♂ | Diapt. grac.<br>♀ | Diapt. lac.<br>♂ | Diapt. lac.<br>♀ | Cycl. shen. | Cycl. leuch. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Bida | Daphnia | Rosmina | Not. long. | Anur. cahl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|
| 25 fevr.<br>F. 12.<br>5 m.          | 0,8               | 2,4               | -                | -                | -           | -            | -        | -         | 12     | -           | -           | -    | -       | -       | 0,8        | -           | 0,8        | -         |
| 25 fevr.<br>F. 12.<br>10 m.         | 4                 | 7,2               | 0,8              | 0,8              | -           | -            | -        | -         | 37     | -           | -           | -    | -       | -       | 1,6        | 0,8         | 0,8        | -         |
| 25 fevr.<br>F. 12.<br>20 m.         | 14                | 8                 | 0,8              | 2,4              | -           | 1,6          | -        | -         | 86     | 0,06        | -           | -    | -       | -       | 3,2        | 0,8         | -          | 1,6       |
| 25 fevr.<br>F. 12.<br>50 m.         | 8                 | 24                | 2,4              | 0,8              | -           | 2,4          | -        | 0,8       | 156    | 0,04        | -           | -    | -       | -       | -          | 0,8         | -          | 0,8       |
| 25 fevr.<br>F. 12.<br>70 m.         | 17                | 23                | 1,6              | 1,6              | 3,2         | 6,4          | -        | -         | 210    | 0,02        | -           | 0,8  | 0,8     | -       | 4          | -           | -          | 0,8       |
| 27 Avr.<br>F. 20<br>50 m.           | 4                 | 36                | 1,6              | 1,6              | 54          | 9,6          | 28       | 36        | 102    | 0,04        | -           | 0,8  | -       | -       | 9,6        | 1,6         | -          | -         |
| 27 Avr.<br>F. 20<br>80 m.           | 16                | 40                | -                | 3,2              | 56          | 4,8          | 20       | 69        | 230    | 0,08        | -           | 2,4  | 1,6     | -       | 4,8        | 1,6         | 6,4        | 0,8       |
| 10 mai<br>F. N. 12<br>80-60 m.      | 0,8               | 2                 | -                | -                | -           | -            | -        | 0,8       | 2,8    | -           | -           | -    | -       | -       | -          | -           | -          | -         |
| 10 mai<br>F. N. 12<br>60-40 m.      | 0,4               | 0,8               | -                | -                | 0,8         | -            | 0,4      | 4,4       | 5,2    | -           | -           | -    | -       | -       | -          | -           | -          | -         |
| 10 mai<br>F. N. 12<br>40-20 m.      | 1,6               | 4,8               | -                | -                | 0,8         | 0,8          | 0,4      | 26        | 40     | -           | -           | -    | -       | -       | -          | -           | -          | -         |
| 10 mai<br>F. 12<br>40 m.            | 2,4               | 61                | -                | 4,8              | 87          | 26           | 8        | 51        | 66     | -           | -           | -    | 4       | -       | 11,2       | -           | -          | -         |
| 12 mai<br>F. 20<br>5 m.             | 4,8               | 8,8               | -                | -                | 2,4         | -            | -        | 16        | 6,4    | -           | -           | -    | -       | -       | 3,2        | 0,8         | 2,4        | -         |
| 12 mai<br>F. 20<br>10 m.            | 0,8               | 9,6               | 0,8              | 1,6              | 28          | 2,4          | 0,8      | 9,6       | 8,8    | -           | -           | -    | -       | -       | 6,4        | 0,8         | 1,6        | -         |
| 12 mai<br>F. 20<br>15 m.            | 2,4               | 34                | -                | 3,2              | 60          | 0,8          | 3,2      | 19        | 22     | -           | -           | -    | 0,8     | -       | 7,2        | 0,8         | 1,6        | 2,4       |
| 12 mai<br>F. 20<br>20 m.            | 2,4               | 34                | -                | 2,4              | 65          | 0,8          | 1,6      | 34        | 29     | -           | 0,02        | 0,8  | -       | -       | 2,4        | 1,6         | 1,6        | 1,6       |
| 12 mai<br>F. 12<br>80 m.            | 6,4               | 25                | -                | -                | 51          | -            | 1,6      | 53        | 44     | -           | -           | -    | -       | -       | 11,2       | -           | -          | -         |
| 23 mai<br>F. N. 12<br>73-60 m.      | 0,4               | 2                 | -                | -                | 0,4         | -            | -        | -         | 1,2    | -           | -           | -    | -       | -       | -          | -           | -          | -         |
| 23 mai<br>F. N. 12<br>60-40 m.      | 1,2               | 8,2               | -                | 2,4              | 0,4         | -            | -        | 1,2       | 5,2    | -           | -           | 0,4  | -       | -       | 0,4        | -           | -          | -         |
| 23 mai<br>F. N. 12<br>40-26 m.      | 0,4               | 7                 | -                | 2                | -           | -            | -        | 2         | 8,4    | -           | -           | -    | 0,4     | -       | -          | -           | -          | -         |





| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeur | Diapt. grac. |      | Diapt. lac. |     | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Nauph. | Beyth. long. | Lept. hyal. | Bida | Baphnia           | Bosmina | Not. long. | Haem. coch. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-------------------------------------|--------------|------|-------------|-----|--------------|--------------|----------|-----------|--------|--------------|-------------|------|-------------------|---------|------------|-------------|------------|-----------|
| 20 juin<br>F.N. 12.<br>90-60m       | 0,8          | 7    | -           | 1,2 | 1,2          | -            | -        | -         | -      | 0,02         | -           | 0,4  | -                 | -       | -          | -           | -          | -         |
| 20 juin<br>F.N. 12.<br>60-50m       | 0,4          | 3,2  | -           | 0,4 | 1,2          | -            | -        | -         | -      | -            | -           | -    | 2                 | -       | -          | -           | -          | -         |
| 20 juin<br>F.N. 12.<br>50-40m       | 0,4          | 3,6  | -           | -   | 3,2          | -            | -        | -         | -      | -            | -           | -    | 1,8               | -       | -          | -           | -          | -         |
| 20 juin<br>F.N. 12.<br>40-30m       | 1,2          | 10   | -           | 1,6 | 2,3          | -            | -        | -         | 1,6    | -            | -           | 0,4  | 5,2               | -       | -          | -           | -          | -         |
| 20 juin<br>F.N. 12.<br>30-20m       | 2,8          | 16   | -           | 2,8 | 4,2          | -            | -        | -         | 5,6    | 0,01         | -           | 0,4  | 5,2               | -       | 32         | 8           | -          | -         |
| 20 juin<br>F.N. 12.<br>20-0m        | 1,2          | 53   | -           | 3,6 | 13,2         | -            | 2,4      | -         | 45     | 0,11         | 0,04        | -    | ad: 7,3<br>j: 5,2 | -       | 150        | 18,4        | -          | -         |
| 14 juill.<br>F.N. 12.<br>50-40m     | 1,6          | 16   | -           | 3,6 | 16           | -            | -        | -         | 1,6    | 0,02         | -           | -    | 10                | -       | 0,8        | 1,2         | -          | -         |
| 14 juill.<br>F.N. 12.<br>40-30m     | 0,4          | 6    | -           | 2,8 | 14           | -            | -        | -         | 0,4    | 0,16         | 0,07        | 2    | 6,4               | -       | 10         | -           | -          | -         |
| 14 juill.<br>F.N. 12.<br>30-20m     | -            | 2,4  | -           | 2   | 4            | -            | -        | -         | 4,4    | 0,57         | 0,14        | 0,8  | 2,8               | -       | 52         | 2           | 2,4        | 2,8       |
| 14 juill.<br>F.N. 12.<br>20-0       | 1,2          | 12   | -           | 3,6 | 5,2          | 4            | -        | -         | 35     | 0,20         | 0,55        | 0,4  | 3,2               | -       | 52         | 24          | 5,2        | -         |
| 20 juill.<br>F.N. 20<br>40m         | 4,8          | 60   | -           | -   | 26,4         | 4,4          | -        | -         | 46,4   | 0,16         | 0,4         | -    | 1,6               | -       | 72         | 56,8        | 112        | 1,6       |
| 13 août<br>F.N. 12.<br>79-62m       | -            | 2    | 0,8         | 13  | 24,2         | ?            | ?        | ?         | -      | -            | -           | 1,2  | 8,4               | -       | 1,6        | 1,2         | 0,4        | 0,8       |
| 13 août<br>F.N. 12.<br>62-50m       | -            | 10,4 | -           | 8,4 | 30           | "            | "        | "         | 1,6    | 0,01         | -           | -    | 15                | -       | 2,8        | 0,4         | -          | -         |
| 13 août<br>F.N. 12.<br>50-40m       | 1,2          | 14,4 | -           | 3,6 | 16           | "            | "        | "         | 0,4    | 0,01         | -           | -    | 8,4               | -       | 5,6        | 3,6         | -          | -         |
| 13 août<br>F.N. 12.<br>40-30m       | 2            | 36   | -           | 1,2 | 8            | "            | "        | "         | 3,6    | 0,05         | -           | -    | 0,4               | -       | 9,2        | 2,8         | 0,4        | -         |
| 13 août<br>F.N. 12.<br>30-20m       | 1,6          | 21   | -           | 0,8 | 7            | "            | "        | "         | 5,2    | 0,11         | -           | -    | 1,2               | -       | 19         | 4,8         | -          | 0,4       |
| 13 août<br>F.N. 12.<br>20-0m        | 1,6          | 40   | -           | 2   | 13           | 10           | "        | "         | 62     | 0,06         | 0,3         | -    | 0,4               | 0,4     | 18         | 12,4        | 0,4        | 1,2       |





| Doctes<br>Filets<br>et<br>Profondeur | Diapt. grac.<br>♀ | Diapt. lac.<br>♀ | Cycl. shren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Hauptl. | Euth. long. | Lept. hyal. | Bida | Daphnia | Rosmina | Noth. long. | Anur. cochl. | Pol. plat. | 1. long. |      |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|----------|-----------|---------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|--------------|------------|----------|------|
| 22 sept.<br>F. 12.<br>20 m           | 1,6               | 368              | -            | -            | 3,2      | 40        | 34      | 32          | 77          | -    | 0,06    | -       | -           | 29           | 6,4        | 11,2     | -    |
| 22 sept.<br>F. 12.<br>30 m           | 1,6               | 60               | -            | 1,6          | 12       | 48        | 37      | 18          | 155         | -    | -       | -       | -           | 34           | 14,4       | 5,6      | 1,6  |
| 22 sept.<br>F. 12<br>50 m            | 1,6               | 104              | -            | -            | 8        | 50        | 11,2    | 14,4        | 91,2        | -    | -       | -       | -           | 19,2         | 2,4        | 1,6      | -    |
| 2 nov.<br>F. N. 12<br>80-60 m        | 1,6               | 22               | -            | 2            | 0,4      | -         | 0,8     | -           | 41          | 0,01 | -       | -       | -           | 1,6          | 0,4        | -        | 0,4  |
| 2 nov.<br>F. N. 12<br>60-40 m        | 2,4               | 43               | -            | 2,8          | 1,2      | -         | 1,2     | -           | 268         | -    | -       | -       | 1,2         | -            | 1,2        | 0,4      | -    |
| 2 nov.<br>F. N. 12<br>40-20 m        | 2,8               | 28               | -            | 0,8          | 5,2      | 45        | 12      | -           | 162         | 0,01 | 0,02    | 0,8     | 1,2         | -            | 8          | 2        | -    |
| 2 nov.<br>F. N. 12<br>20-0 m         | 10                | 124              | -            | 1,2          | 9,2      | 52        | 41      | -           | 25          | 0,03 | 0,03    | 1,12    | 2,8         | -            | 4          | 0,4      | -    |
| 2 nov.<br>F. N. 12<br>10-0 m         | 10                | 80               | -            | -            | 10,2     | 24        | 18      | -           | 12,4        | -    | 0,04    | 1,10    | 2,8         | -            | 4,4        | 1,6      | -    |
| 19 nov.<br>F. 20<br>10-0 m           | 0,8               | 2,4              | -            | 0,8          | 0,8      | -         | -       | -           | 6,4         | 0,02 | -       | -       | 0,8         | -            | -          | 0,8      | -    |
| 19 nov.<br>F. 20<br>40-0 m           | 4,8               | 32               | -            | 1,6          | 5,6      | 82        | 37      | 16          | 180         | 0,08 | -       | -       | 1,6         | -            | 8          | 16       | 4,8  |
| 19 nov.<br>F. 20<br>100-0 m          | 16                | 85               | 0,8          | 10           | 8,8      | 136       | 51      | 11,2        | 380         | 0,06 | -       | -       | 3,2         | -            | 6,4        | 32       | 11,2 |



Tr.

Pol

And

Not

Bo

D

N

Le

By

a

7

7

c

c

a

| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeur | Diapt. grac.<br>♂ ♀ | Diapt. lac.<br>♂ ♀ | Cycl. stren. | Cycl. leuek. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Diada | Daphnia | Rosmina | Noth. long. | Hydr. cochl. | Col. plat. | Tr. long. |      |      |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|-------|---------|---------|-------------|--------------|------------|-----------|------|------|
| 14 mai<br>F. 12<br>10-0m            | 8,8                 | 26                 | -            | 0,8          | 1,6      | 27        | 21     | 28          | 48          | -     | -       | 0,8     | -           | 4,8          | 14,4       | 13,6      | 8    | 2,4  |
| 14 mai<br>F. 12<br>40-0m            | 2,4                 | 34                 | -            | 4            | 2,4      | 72        | 38     | 33          | 178         | -     | -       | -       | 0,8         | 0,8          | 11,2       | 17        | 12   | 5,6  |
| 22 mai<br>F. 12<br>40-0m            | 3,2                 | 20                 | -            | 4            | 1,6      | 25        | 22     | 24          | 80          | -     | -       | 0,8     | -           | -            | 4          | 2,4       | 8    | 4,8  |
| 16 juin<br>F. 20<br>10-0m           | -                   | 3,2                | -            | -            | 5,6      | -         | -      | 0,8         | 72          | 0,06  | -       | -       | 0,8         | 1,6          | 26         | 82        | 42   | -    |
| 16 juin<br>F. 20<br>20-0m           | 1,6                 | 12                 | -            | -            | 16       | -         | 2,4    | 13,6        | 119         | 0,1   | -       | -       | 3,2         | 3,2          | 157        | 163       | 195  | 1,6  |
| 16 juin<br>F. 20<br>70-0m           | 3,2                 | 36                 | -            | 7,2          | 33       | -         | -      | 16,8        | 134         | 0,14  | -       | -       | 1,6         | 3,2          | 176        | 160       | 217  | 19,2 |
| 10 juill.<br>F. 20<br>10-0m         | -                   | 1,6                | -            | -            | -        | 3,2       | 4      | 4,8         | 17,6        | -     | -       | -       | -           | 0,8          | 14,4       | 50        | 165  | -    |
| 10 juill.<br>F. 20<br>40-0m         | 0,8                 | 22                 | 0,8          | 2,4          | 12       | 2,4       | 3,2    | 6,4         | 29          | 0,04  | 0,02    | 0,8     | 1,6         | 0,8          | 82         | 56        | 149  | -    |
| 10 juill.<br>F. 20<br>60-0m         | 0,8                 | 13,6               | 0,8          | 2,4          | 11,2     | 0,8       | 1,6    | 4           | 26          | 0,06  | -       | 1,6     | 8,8         | 3,2          | 88         | 60        | 217  | 0,8  |
| 5 août<br>F. 20<br>10-0m            | -                   | 1,6                | -            | -            | 7,2      | 24        | 8      | 16          | 158         | -     | 0,18    | -       | -           | 0,8          | 24         | 32        | 176  | -    |
| 5 août<br>F. 20<br>40-0m            | 6,4                 | 12                 | -            | 4,8          | 12,8     | 22,4      | 1,6    | 12,8        | 86          | -     | 0,08    | -       | -           | -            | 36         | 17,6      | 88   | -    |
| 5 août<br>F. 20<br>70-0m            | -                   | 22                 | 0,8          | 12           | 10,4     | 19,2      | 8,8    | 26          | 222         | 0,02  | 0,08    | -       | 4,8         | -            | 50         | 26        | 115  | -    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>86-60m       | -                   | 4,8                | 0,4          | 4            | 12       | 2         | -      | -           | 1,2         | 0,01  | -       | 6       | 0,8         | 0,8          | 7,2        | -         | ?    | ?    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>60-50m       | -                   | 6,4                | -            | 0,4          | 5,2      | -         | -      | -           | 1,6         | -     | -       | 2       | 4,4         | 1,6          | 3,9        | -         | "    | "    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>50-40m       | -                   | 8                  | 0,8          | 4            | 12       | -         | -      | -           | 4           | 0,01  | -       | -       | 1,2         | -            | 4          | 0,8       | "    | "    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>40-30m       | 0,8                 | 12                 | -            | 0,8          | 8        | 0,8       | -      | -           | 6,4         | 0,03  | -       | -       | -           | 0,04         | 5,6        | -         | "    | "    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>30-20m       | 0,8                 | 10                 | -            | 1,2          | 0,4      | 0,8       | -      | -           | 6,4         | 0,04  | -       | -       | -           | -            | 7,6        | 1,6       | "    | "    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>20-10m       | 4                   | 48                 | -            | 4            | 3,6      | 10,8      | -      | -           | 48          | 0,11  | 0,01    | -       | -           | 3,2          | 8,8        | 2         | "    | "    |
| 23 août<br>F. N. 12<br>10-0m        | 1,6                 | 20                 | -            | 3,6          | 8        | 10        | 58     | 28          | 80          | -     | -       | -       | -           | 6,8          | 4          | 13,6      | "    | "    |
| 3 sept.<br>F. 20<br>20m             | 4,8                 | 70                 | 0,8          | 2,4          | 4,8      | 26        | 90     | 19,2        | 193         | 0,1   | 0,14    | -       | -           | 3,2          | 11,2       | 43,2      | 11,2 | -    |
| 3 sept.<br>F. 20<br>40-0m           | 4,8                 | 118                | 0,8          | 1,6          | 6,4      | 20        | 91     | 42          | 358         | 0,48  | 0,06    | -       | -           | 0,8          | 59         | 86        | 34   | 0,8  |
| 3 sept.<br>F. 20<br>5-0m            | -                   | 4                  | -            | -            | -        | 3,2       | 50     | 27          | 74          | -     | -       | -       | -           | 0,8          | 12,8       | 114       | 19,2 | -    |



117

Tabl. 35.

1919

Tabl. 35.

| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeur | Diapt. grac. |      | Diapt. lac. |     | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Hauplins | Byth. long. | Lept. hyal. | Sida | Daphnia | Bosmina | Noth. long. | Anur. coch. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-------------------------------------|--------------|------|-------------|-----|--------------|--------------|----------|-----------|----------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|-------------|------------|-----------|
|                                     | ♂            | ♀    | ♂           | ♀   |              |              |          |           |          |             |             |      |         |         |             |             |            |           |
| 16 sept.<br>F. 20<br>10-0 m         | 0,8          | 6,4  | -           | -   | 5,6          | 38           | 114      | 27        | 82       | -           | 0,08        | -    | -       | -       | 3,2         | 104         | 24         | -         |
| 16 sept.<br>F. 20<br>40-0 m         | 1,6          | 42   | -           | 2,4 | 6,4          | 43           | 80       | 58        | 147      | 0,22        | 0,02        | 0,8  | 5,6     | 0,8     | -           | 63          | 29         | -         |
| 16 sept.<br>F. 20<br>60-0 m         | 3,2          | 58   | 8,8         | 24  | 16           | 40           | 131      | 45        | 122      | 0,12        | 0,12        | 0,8  | 8       | -       | 9,6         | 48          | 19,2       | -         |
| 16 sept.<br>F. 20<br>80-0 m         | 3,2          | 72   | 7,2         | 22  | 22           | 21           | 88       | 50        | 178      | 0,22        | 0,04        | 7,2  | 22,4    | 3,2     | 4,8         | 72          | 32         | -         |
| 24 oct.<br>F. N. 12<br>30-20 m      | 8            | 9,2  | ?           | ?   | 1,2          | 20           | 16       | ?         | 52       | 0,04        | -           | -    | 0,4     | -       | 2           | 7,2         | 0,4        | 0,4       |
| 24 oct.<br>F. N. 12<br>20-10 m      | 2,8          | 20   | "           | "   | 2            | 88           | 36       | "         | 14,4     | 0,06        | -           | -    | 0,4     | 0,4     | 8,4         | 3,6         | 1,2        | -         |
| 24 oct.<br>F. N. 12<br>10-0 m       | 5,2          | 56   | "           | "   | 2,4          | 12,8         | 24       | "         | 8        | 0,05        | -           | -    | -       | 0,4     | 8,8         | 7,2         | -          | -         |
| 7 nov.<br>F. 20<br>30-0 m           | 8,8          | 78   | -           | -   | 3,2          | 19,6         | 26       | "         | 56       | 0,5         | -           | -    | 0,8     | -       | 18,4        | 12          | 48         | 0,8       |
| 7 nov.<br>F. 20<br>20-0 m           | 40           | 68   | -           | -   | 4            | 15,6         | 14,4     | "         | 32       | 0,32        | -           | -    | 1,6     | -       | 10,4        | 6,4         | 38,4       | -         |
| 7 nov.<br>F. 20<br>15-0 m           | 4            | 44   | -           | -   | 0,8          | 8            | 9,6      | "         | 33,2     | 0,1         | -           | -    | 0,8     | -       | 12,8        | 8           | 32         | -         |
| 7 nov.<br>F. 20<br>10-0 m           | 1,6          | 28   | -           | -   | 3,2          | 4            | 8        | "         | 28       | 0,2         | -           | -    | 0,8     | -       | 4           | 2,4         | 23         | 0,8       |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>57-60 m       | 9,2          | 10,8 | 4,4         | 6,8 | 0,8          | 4            | 12,8     | 0,4       | 65       | 0,04        | -           | -    | -       | 0,4     | 0,4         | 0,4         | 0,4        | -         |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>57-50 m       | 1,2          | -    | 0,8         | 0,4 | -            | 2            | 2,4      | -         | 27       | -           | -           | -    | 0,4     | 0,4     | 0,4         | -           | -          | -         |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>50-40 m       | 1,2          | 1,6  | -           | 0,8 | 0,4          | 4,8          | 6        | -         | 19       | 0,05        | -           | -    | -       | 0,4     | 2           | -           | -          | 2         |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>40-28,5 m     | 4,8          | 11,6 | 0,8         | 0,8 | -            | 5,6          | 4,2      | 0,4       | 33       | 0,07        | -           | -    | -       | 0,4     | 3,2         | -           | -          | -         |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>28,5-20 m     | 2,8          | 7,6  | -           | 0,4 | 0,4          | 0,8          | 7,2      | 0,4       | 21       | 0,05        | -           | -    | 0,4     | 0,4     | 2           | 0,4         | -          | -         |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>20-10 m       | 2            | 6    | -           | 0,4 | 0,4          | 1,2          | 0,8      | 0,4       | 20       | 0,1         | -           | -    | -       | -       | 5,2         | 1,2         | -          | -         |
| 1 Dec.<br>F. N. 12<br>10-0 m        | 2            | 15   | 0,8         | -   | 0,4          | 2,4          | 3,2      | -         | 34       | 0,02        | -           | -    | -       | 0,4     | 3,6         | 0,8         | 0,8        | -         |
| 1 Dec.<br>F. N. 20<br>20-10 m       | 1,2          | 1,6  | -           | 0,4 | 0,4          | -            | 1,6      | -         | 3,2      | -           | -           | -    | -       | -       | 0,8         | -           | -          | 0,4       |
| 1 Dec.<br>F. N. 20<br>10-0 m        | 8,4          | 7,2  | -           | 0,8 | 3,2          | 2            | 4        | -         | 38       | 0,1         | -           | -    | -       | -       | 1,6         | 5,6         | 2,8        | -         |





1920

Tabl. 36.

| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeur | Diapt. grac.<br>♂ | Diapt. grac.<br>♀ | Diapt. lac.<br>♂ | Diapt. lac.<br>♀ | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | Naupl. | Hyth. long. | Lept. hyal. | Bida | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Anur. coch. | Pol. plat. | Tr. long. | J. Diapt. |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|-----------|
| 16 janr.<br>F.N. 20<br>70-0m        | 10                | 11,2              | 0,4              | 1,6              | 0,4         | 4            | 3,6      | 86     | 0,04        | -           | -    | -       | 2,4     | 2,4        | 1,6         | 0,8        | 0,8       | -         |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>80-60m         | 0,4               | 0,8               | 0,4              | -                | 1,2         | 6,8          | -        | 60     | -           | -           | -    | -       | -       | 1,2        | -           | -          | -         | 1,2       |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>60-50m         | 0,4               | 1,2               | -                | 0,4              | -           | 0,8          | -        | 38     | -           | -           | -    | -       | -       | 1,2        | -           | -          | 0,4       | 0,8       |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>50-40m         | -                 | 0,4               | -                | -                | -           | 0,8          | 0,8      | 50     | -           | -           | -    | -       | 0,4     | 0,8        | -           | -          | 0,4       | 0,4       |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>40-30m         | -                 | 1,2               | -                | -                | -           | 0,8          | -        | 52     | -           | -           | -    | -       | -       | 1,2        | -           | 0,4        | -         | 0,4       |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>30-20m         | -                 | 1,2               | -                | -                | -           | 0,8          | -        | 26     | 0,01        | -           | -    | -       | -       | 0,4        | -           | -          | 0,4       | 0,8       |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>20-10m         | 7,6               | 9,2               | 0,4              | -                | -           | 0,4          | -        | 37     | 0,04        | -           | -    | -       | -       | 0,4        | -           | -          | 0,4       | 2         |
| 3 mars<br>F.N. 12<br>10-0m          | 11,2              | 47                | 3,2              | -                | -           | -            | -        | 26     | 0,02        | -           | -    | 0,4     | 0,4     | 1,6        | -           | -          | -         | 3,2       |
| 3 mars<br>F. 20<br>20-0m            | 15                | 26                | 0,8              | -                | -           | -            | -        | 22     | -           | -           | -    | 0,8     | 1,6     | 0,8        | 0,8         | -          | -         | 2,4       |
| 22 mars<br>F. 20<br>16m fond-0      | 1,6               | 9,6               | -                | -                | 0,8         | 7,2          | -        | 86     | -           | -           | -    | -       | 3,2     | 1,6        | -           | -          | 0,8       | 2,4       |
| 22 mars<br>F. 20<br>53 fond-0m      | 14,4              | 27                | 1,6              | 0,8              | -           | 4            | 1,6      | 163    | 0,02        | -           | -    | 0,8     | 0,8     | 0,8        | 1,6         | 0,8        | 0,8       | 11,2      |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>80-60m        | -                 | 0,4               | 0,4              | 0,4              | -           | 0,4          | -        | 31     | 0,01        | -           | -    | -       | 0,4     | 0,4        | -           | -          | -         | 0,4       |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>60-50m        | -                 | 0,4               | -                | -                | -           | 0,8          | -        | 24     | 0,01        | -           | -    | -       | 1,2     | 1,2        | 2           | -          | -         | 0,8       |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>50-40m        | -                 | 0,4               | -                | 0,4              | -           | 0,8          | -        | 38     | -           | -           | -    | 0,4     | 0,4     | 0,4        | 0,4         | -          | -         | 2,4       |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>40-30m        | -                 | 0,8               | 0,4              | 0,4              | -           | 0,4          | -        | 10     | 0,02        | -           | -    | -       | 0,4     | 1,6        | 0,8         | -          | 0,8       | 4,4       |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>30-20m        | 2,8               | 7                 | 0,4              | -                | -           | 0,8          | 1,6      | 242    | 0,01        | -           | -    | 0,4     | -       | 0,8        | 0,4         | -          | 0,4       | 10        |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>20-10m        | 16                | 22                | 0,4              | -                | -           | 14,4         | -        | 869    | 0,03        | -           | -    | -       | 0,8     | 14,4       | 4           | 0,4        | 3,2       | 36        |
| 28 mars<br>F.N. 12<br>10-0m         | 8,8               | 10,4              | 0,8              | -                | -           | 4            | -        | 112    | 0,08        | -           | -    | -       | 0,8     | 2,4        | 1,6         | 0,8        | -         | 24        |





| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeurs | Diapt. grac.<br>♂ | ♀    | Diapt. lac.<br>♂ | ♀   | Gel. sten. | Gel. brach. | J. Gel. | J. Diapt. | Naupl. | Arg. H. long. | Lept. hyal. | Sida | Baphnia | Bosmina | Not. long. | Fluv. coch. | Pol. plat. | Tr. long. |
|--------------------------------------|-------------------|------|------------------|-----|------------|-------------|---------|-----------|--------|---------------|-------------|------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|
| 12 avril<br>F.N. 12<br>80-60m        | 0,4               | -    | -                | -   | -          | -           | -       | -         | 6,4    | -             | -           | -    | -       | 0,8     | -          | -           | -          | -         |
| 12 avril<br>F.N. 12<br>60-50m        | -                 | 0,8  | -                | -   | -          | -           | -       | 0,4       | 12     | -             | -           | -    | -       | 0,8     | -          | -           | -          | -         |
| 12 avril<br>F.N. 12<br>50-40m        | -                 | 2,4  | -                | -   | -          | 1,2         | -       | 0,4       | 18     | -             | -           | -    | -       | -       | -          | -           | -          | -         |
| 12 avril<br>F.N. 12<br>40-30m        | -                 | 0,8  | -                | -   | -          | 0,8         | -       | 4         | 21,2   | -             | -           | -    | -       | 1,2     | 0,4        | -           | -          | -         |
| 12 avril<br>F.N. 12<br>30-20m        | -                 | 2,8  | -                | -   | -          | 1,6         | 2       | 4         | 61     | 0,01          | -           | -    | -       | -       | 0,4        | -           | 0,4        | -         |
| 12 avril<br>F.N. 12<br>20-10m        | 1,6               | 12,8 | -                | -   | 0,4        | 14,2        | 11,2    | 23        | 170    | -             | -           | 0,4  | -       | 0,4     | 3,2        | 0,4         | 1,6        | 4         |
| 12 avril<br>F.N. 12<br>10-0m         | 3,2               | 6,4  | -                | -   | -          | 4,8         | 7,2     | 26        | 220    | -             | -           | 0,4  | -       | 0,8     | 10,4       | 0,8         | 2,4        | 0,8       |
| 1 mai<br>F.N. 12<br>25-0m            | 4,8               | 19,2 | -                | -   | 6,4        | 27          | 17,6    | 76        | 210    | -             | -           | -    | -       | 6,4     | 32         | 14,4        | 9,6        | 6,4       |
| 7 mai<br>F.N. 12<br>60-50m           | -                 | 0,8  | -                | -   | 0,4        | -           | -       | 0,4       | 0,4    | -             | -           | -    | -       | 0,4     | -          | -           | -          | -         |
| 7 mai<br>F.N. 12<br>50-40m           | -                 | -    | -                | -   | -          | -           | 0,4     | 0,4       | 2,8    | -             | -           | -    | -       | 0,4     | -          | 0,4         | -          | -         |
| 7 mai<br>F.N. 12<br>40-30m           | 0,4               | 2,4  | -                | 0,4 | 0,4        | -           | 0,4     | 1,6       | 6,4    | -             | -           | -    | 0,4     | 0,4     | -          | -           | -          | -         |
| 7 mai<br>F.N. 12<br>28-20m           | -                 | 0,4  | -                | -   | -          | 0,4         | 0,4     | 1,6       | 12     | -             | -           | -    | -       | -       | 0,4        | -           | -          | -         |
| 7 mai<br>F.N. 12<br>20-10m           | -                 | 0,4  | -                | -   | -          | 2,4         | 7,2     | 7,6       | 8,4    | -             | -           | -    | -       | -       | 1,2        | -           | 0,8        | 1,6       |
| 7 mai<br>F.N. 12<br>10-0m            | 4,8               | 8    | -                | -   | 2,4        | 24          | 69      | 51        | 110    | 0,02          | -           | -    | 0,4     | 2,4     | 26         | 14,4        | 19,2       | 19,2      |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>70-40m          | -                 | 1,2  | -                | 6   | 0,4        | -           | 0,8     | 1,6       | 10,8   | 0,02          | -           | -    | -       | 0,4     | -          | -           | -          | -         |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>40-20m          | -                 | 2,4  | -                | 5,2 | 0,4        | 2           | 3,2     | 6,8       | 17,6   | -             | -           | -    | 1,2     | -       | -          | -           | -          | 0,4       |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>20-10m          | -                 | 4,8  | -                | -   | 2          | 8           | 8,8     | 7,6       | 23     | 0,01          | -           | -    | -       | 0,4     | 2          | 0,4         | 0,4        | 0,8       |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>10-0m           | 8                 | 10,4 | -                | -   | 3,2        | 16,8        | 7,2     | 11,2      | 26,4   | 0,01          | -           | -    | 0,4     | 3,6     | 52         | 10,4        | 24,8       | 1,2       |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>5-0m            | 8                 | 8,8  | -                | -   | 3,2        | 4,8         | 3,2     | 18,4      | 8,8    | 0,01          | -           | 0,4  | -       | 3,6     | 75,2       | 16          | 74         | 1,6       |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>2-0m            | -                 | 1,6  | -                | -   | 1,2        | 3,6         | 0,4     | 0,4       | 1,2    | -             | -           | -    | -       | 6       | 12         | 3,2         | 43         | -         |
| 12 mai<br>F.N. 12<br>1-0m            | -                 | -    | -                | -   | 0,4        | 1,6         | 1,2     | -         | -      | -             | -           | -    | -       | 0,8     | 0,8        | -           | 7,2        | -         |



Tr.

Pol.

Inu.

20th

3os

Da

S

ep

yth

αα

g

G

cl.

/.

pl

nt

Filets

| Dates<br>Filets<br>et          | Profondeur | Diapt. grac.<br>♀ | Diapt. lac.<br>♀ | Gel. stren. | Gel. bukk. | J. Gel. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. byal. | Bida | Daphnia | Bosmina | Noth. long. | Haur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |     |
|--------------------------------|------------|-------------------|------------------|-------------|------------|---------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|--------------|------------|-----------|-----|
| 12 mai<br>F. 20<br>20-0m       | -          | 7,2               | -                | -           | 3,2        | 24      | 16,8      | 14,4   | 29          | -           | -    | -       | 9,6     | 32          | 9,6          | 134        | 2,4       |     |
| 19 mai<br>F. 20<br>15-0m       | 16         | 32                | -                | -           | 21         | 22,4    | 12,8      | 19,2   | 24          | 0,04        | 0,02 | -       | 1,6     | 4,8         | 125          | 26         | 246       | 9,6 |
| 27 mai<br>F. N. 12<br>20-0m    | 4,8        | 142               | -                | -           | 50         | 5,6     | 3,2       | 11,2   | 2,8         | 0,19        | -    | 0,8     | 1,6     | 17,6        | 160          | 41,6       | 21        | 9,6 |
| 27 mai<br>F. N. 12<br>15-0m    | 1,6        | 128               | -                | -           | 34,4       | 0,8     | 4,8       | 17,6   | 23          | 0,17        | 0,01 | -       | 2,4     | 16,8        | 51           | 37         | 22        | 3,2 |
| 27 mai<br>F. N. 12<br>10-0m    | 1,6        | 22                | -                | -           | 37         | 1,2     | 2,4       | 19     | 25,6        | 0,1         | 0,05 | -       | 0,4     | 34          | 133          | 56         | 19        | 0,8 |
| 27 mai<br>F. N. 12<br>5-0m     | 0,8        | 4                 | -                | -           | 41         | 1,6     | 4,8       | 8      | 16          | 0,02        | 0,02 | -       | 0,4     | 62          | 71           | 54         | 14,4      | 0,8 |
| 27 mai<br>F. N. 12<br>2 1/2-0m | -          | 2,4               | -                | -           | 36         | 1,6     | 2,4       | 1,6    | 3,2         | -           | -    | -       | 43      | 69          | 43           | 14,4       | -         |     |
| 27 mai<br>F. N. 12<br>1-0m     | -          | -                 | -                | -           | -          | -       | -         | 1,2    | -           | -           | -    | 0,4     | 6,8     | 38          | 5,6          | 8,4        | -         |     |
| 3 juin<br>F. N. 12<br>20-0m    | 3,2        | 20                | -                | 1,6         | 18,4       | 2,4     | 4,8       | 13,6   | 15,2        | 0,03        | 0,01 | -       | 0,4     | 5,6         | 136          | 42         | 11,2      | 4,8 |
| 3 juin<br>F. N. 12<br>15-0m    | 2,4        | 17                | -                | 1,6         | 8,8        | -       | 0,8       | 18,4   | 22,4        | 0,05        | 0,01 | -       | 2       | 6           | 130          | 90         | 19,2      | 6,4 |
| 3 juin<br>F. N. 12<br>10-0m    | 2          | 7,6               | -                | 0,4         | 8          | 0,8     | 3,2       | 11,2   | 29,6        | 0,01        | 0,03 | -       | 2,4     | 5,6         | 117          | 43         | 12,8      | 8   |
| 3 juin<br>F. N. 12<br>5-0m     | -          | 1,6               | -                | -           | 3,2        | 0,8     | 3,2       | 9,6    | 4           | 0,04        | 0,02 | -       | 0,8     | 3,2         | 99           | 91,2       | 9,6       | 0,8 |
| 3 juin<br>F. N. 12<br>2 1/2-0m | -          | 2                 | -                | -           | 5,2        | 2       | 2,4       | 4,4    | 5,2         | -           | -    | -       | 4       | 54          | 49           | 4,8        | 1,2       |     |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>80-60m   | -          | 1,6               | -                | 1,2         | -          | -       | -         | 0,8    | -           | -           | -    | -       | -       | 1,6         | -            | 0,4        | -         |     |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>60-50m   | -          | 2                 | -                | 1,2         | 2          | -       | -         | 0,4    | 0,01        | -           | -    | 1,2     | 0,8     | 4,4         | 0,8          | 0,4        | -         |     |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>50-40m   | -          | 3,2               | -                | 3,2         | 3,6        | -       | -         | 0,8    | 1,6         | 0,01        | -    | -       | 4,8     | 0,4         | 2,8          | 1,2        | 0,4       |     |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>40-30m   | -          | 2,8               | -                | 1,6         | 6          | -       | -         | 3,6    | 3,6         | -           | -    | 1,2     | 1,2     | 10          | 4            | 1,6        | -         |     |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>30-20m   | -          | 6,8               | -                | 0,8         | 6,4        | -       | -         | 9,6    | 1,6         | 0,02        | -    | -       | 0,4     | 0,8         | 66           | 4          | 4,8       | 1,2 |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>20-10m   | 2,4        | 12                | -                | -           | 8,8        | -       | 0,4       | 12     | 30,4        | 0,09        | -    | -       | 1,6     | 2,4         | 58           | 16         | 11,2      | 6,4 |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>10-0m    | 1,6        | 14                | -                | -           | 9,6        | -       | -         | 4,8    | 32          | 0,08        | 0,18 | -       | 0,4     | 19,2        | 171          | 221        | 42        | 4,8 |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>5-0m     | 0,4        | 0,4               | -                | -           | 3,6        | -       | 0,8       | 0,4    | 35          | -           | 0,09 | -       | -       | 38          | 11,8         | 97         | 8,8       | -   |
| 8 juin<br>F. N. 12<br>2 1/2-0m | -          | 0,8               | -                | -           | 4,8        | -       | 4         | -      | 37          | -           | -    | -       | 50      | 90          | 136          | 14,4       | -         |     |





1920

Tabl. 32.

| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeurs | Diapt. grac. |      | Diapt. lac. |     | Cycl. sten. | Cycl. buch. | J. Cycl. | J. Diapt. | Nauph. | Byth. long. | Sept. hyp.     | Bida | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Flan. roch. | Pol. plat. | Tr. long. |
|--------------------------------------|--------------|------|-------------|-----|-------------|-------------|----------|-----------|--------|-------------|----------------|------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|
| 11/juin<br>F.N. 12<br>20-0m          | 3,2          | 10,4 | -           | -   | 2,4         | 0,8         | 11,2     | 17,6      | 38     | 0,08        | 0,05           | -    | 0,8     | 11,2    | 214        | 206         | 43         | 3,2       |
| 11/juin<br>F.N. 12<br>10-0m          | 1,6          | 4    | -           | -   | 4           | 0,8         | 8,8      | 7,2       | 53     | 0,04        | 0,14           | -    | -       | 9,6     | 150        | 152         | 48         | -         |
| 11/juin<br>F.N. 12<br>5-0m           | -            | -    | -           | -   | 3,2         | -           | 3,2      | 9,6       | 29     | -           | 0,06           | -    | -       | 10,4    | 170        | 302         | 51         | -         |
| 11/juin<br>F.N. 12<br>2 1/2-0m       | -            | 0,8  | -           | -   | 0,8         | -           | 2,4      | 2,4       | 18,4   | -           | -              | -    | -       | 16,4    | 106        | 229         | 24         | -         |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>80-63m         | -            | 0,8  | -           | 4   | 0,4         | -           | -        | -         | -      | -           | -              | 0,4  | 0,4     | -       | 2,4        | 0,4         | -          | -         |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>63-50m         | 0,8          | 4,4  | -           | 2,4 | 7,6         | -           | -        | -         | 1,6    | -           | -              | 1,2  | 4,4     | 1,2     | 4          | 0,4         | 0,4        | -         |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>50-40m         | -            | 2,4  | -           | 0,8 | 7,2         | 1,2         | -        | 9,6       | 4      | -           | -              | -    | 2,4     | -       | 18,4       | 1,6         | 0,8        | -         |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>40-30m         | 3,2          | 4,4  | -           | 0,4 | 1,6         | -           | -        | 7,2       | 3,6    | 0,01        | 0,01           | 8,8  | 0,8     | 1,2     | 27         | 1,2         | -          | 0,4       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>30-20m         | 1,6          | 5,6  | -           | 0,8 | 2,4         | -           | -        | 4,4       | 1,6    | 0,01        | -              | -    | 0,4     | 5,2     | 34         | 1,6         | 4,8        | 2,4       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>20-10m         | 0,8          | 6    | -           | -   | -           | -           | 1,2      | 2,8       | 8      | 0,04        | 0,03           | -    | 1,6     | 0,8     | 48         | 78          | 12,8       | 6,4       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>10-0m          | -            | 1,6  | -           | -   | -           | 3,2         | 2,4      | 4,8       | 32     | 0,07        | 0,43           | -    | -       | 12      | 211        | 246         | 9,6        | 1,2       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>20-0m          | 3,2          | 13   | -           | -   | 0,4         | 1,6         | 2,4      | 8,8       | 45     | 0,1         | 0,13           | -    | 2,4     | 3,2     | 174        | 238         | 12,8       | 3,2       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>20-15m         | 0,8          | 0,4  | -           | -   | 0,4         | -           | -        | 0,8       | 5,6    | 0,01        | 0,03           | -    | 2       | 0,8     | 28         | 12          | 14,4       | 8,8       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>15-10m         | 2,4          | 7,2  | -           | -   | -           | 2,4         | 0,8      | 4,8       | 9,6    | 0,06        | 0,13           | -    | 1,6     | 0,8     | 106        | 112         | 12,8       | 1,6       |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>10-5m          | -            | 0,8  | -           | -   | -           | 4,8         | 3,2      | 1,6       | 28     | 0,05        | 0,60<br>jeunes | -    | -       | 0,8     | 77         | 98          | 16         | -         |
| 22/juin<br>F.N. 12<br>2 1/2-0m       | -            | -    | -           | -   | -           | -           | -        | 0,4       | 10,4   | -           | -              | -    | -       | 0,4     | 130        | 101         | -          | -         |
| 24/juin<br>F.N. 20<br>20-10m         | 1,6          | 3,2  | -           | -   | -           | -           | -        | 8,4       | 21     | 0,01        | 0,02           | -    | 0,4     | -       | 170        | 286         | 12,8       | 1,6       |
| 24/juin<br>F.N. 20<br>10-0m          | 0,4          | 1,6  | -           | -   | -           | 1,6         | 1,6      | 3,2       | 23,2   | 0,04        | 0,18           | -    | -       | 2,4     | 141        | 520!!       | 29         | 1,6       |





1920

Tabl. 40

| Filots<br>Daks<br>et<br>Profondeur | Diaptomus |      | Diapt. lac. |     | Cycl. shen | Cycl. bruck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Naupl. | Byth. long. | Lept. hyal. | Bida | Daphnia | Rosmina | Lept. long. | Anur. cochl. | Pol. plad. | Tr. long. |
|------------------------------------|-----------|------|-------------|-----|------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|-------------|--------------|------------|-----------|
| ♀                                  | ♀         | ♀    | ♀           | ♀   | ♀          | ♀            | ♀        | ♀         | ♀      | ♀           | ♀           | ♀    | ♀       | ♀       | ♀           | ♀            | ♀          | ♀         |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>80-60m      | 0,4       | 0,4  | 1,6         | 8   | 0,8        | -            | -        | -         | -      | -           | -           | 2    | 1,6     | 0,4     | 1,6         | 1,2          | -          | 0,8       |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>60-50m      | 0,4       | 4,4  | -           | 1,6 | 4,4        | -            | -        | -         | 0,8    | 0,02        | -           | -    | 4,4     | 0,4     | 2,8         | -            | -          | 0,4       |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>50-40m      | -         | 4,8  | -           | 0,4 | 0,4        | -            | -        | 1,6       | 0,4    | 0,05        | -           | -    | 0,8     | 0,4     | 7,2         | 1,4          | 0,4        | -         |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>40-30m      | 1,2       | 12,8 | -           | -   | 2          | -            | -        | 11,2      | 5,6    | 0,02        | -           | -    | -       | -       | 58          | 5,6          | 2,4        | 4,8       |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>30-20m      | 3,2       | 9,6  | -           | -   | 3,2        | -            | -        | 8         | 19,2   | 0,05        | -           | -    | 0,8     | -       | 54,4        | 4            | 3,2        | 4,8       |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>20-10m      | 0,8       | 4,8  | -           | -   | -          | -            | -        | 3,2       | 9,6    | 0,01        | 0,03        | -    | 0,4     | 0,8     | 84          | 75           | 8          | 1,6       |
| 28 juil.<br>F.N. 12<br>10-0m       | 0,8       | 2,4  | -           | -   | -          | 3,2          | 9,6      | 9,6       | 85     | 0,06        | 0,42        | -    | -       | 1,6     | 131         | 206          | 4,8        | -         |
| 3 juil.<br>F.N. 12<br>60-50m       | -         | 5,2  | -           | 4,8 | 2,4        | -            | -        | 3,6       | 0,8    | -           | -           | 0,4  | 2,8     | -       | 4           | 0,8          | 1,2        | -         |
| 3 juil.<br>F.N. 12<br>50-40m       | -         | 3,2  | -           | 2   | 2,4        | -            | -        | 6,4       | 1,2    | 0,04        | -           | -    | 0,8     | 0,4     | 2           | -            | -          | -         |
| 3 juil.<br>F.N. 12<br>40-30m       | 0,8       | 3,6  | -           | 0,8 | 1,6        | -            | -        | 6,8       | 4,4    | 0,02        | -           | -    | -       | -       | 11,6        | 1,6          | 1,6        | 0,4       |
| 3 juil.<br>F.N. 12<br>30-20m       | 1,2       | 6,8  | -           | 1,2 | 0,4        | -            | -        | 4         | 8      | 0,04        | 0,01        | -    | -       | 0,4     | 37          | 3,2          | 3,2        | 2,4       |
| 3 juil.<br>F.N. 12<br>20-10m       | 0,4       | 2,4  | -           | -   | 0,4        | 0,8          | -        | 2         | 21     | 0,2         | 0,08        | 0,4  | 2,8     | 0,8     | 78          | 34           | 6,4        | 3,2       |
| 3 juil.<br>F.N. 12<br>10-0m        | -         | -    | -           | -   | -          | 0,8          | 0,8      | 4         | 17,6   | 0,06        | 0,07        | -    | -       | 1,6     | 35          | 66           | 12,8       | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>1-0m         | -         | -    | -           | -   | -          | -            | -        | -         | -      | -           | -           | -    | -       | -       | 15,6        | 8,4          | 24         | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>2,20-0m      | -         | -    | -           | -   | -          | -            | -        | -         | 14,4   | -           | -           | -    | -       | 1,6     | 54          | 34           | 115        | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>3,30-0m      | -         | -    | -           | -   | -          | -            | -        | 3,2       | 35     | -           | -           | -    | -       | -       | 67          | 98           | 60         | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>5m fmd-0     | -         | -    | -           | -   | -          | -            | 0,8      | 2,4       | 11,2   | -           | -           | -    | -       | 121     | 45          | 51           | 90         | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>5-0m         | -         | -    | -           | -   | -          | 0,8          | 0,8      | 0,8       | 35     | -           | -           | -    | -       | -       | 42          | 45           | 85         | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>12m fmd-0    | -         | 6,4  | -           | -   | 3,2        | 3,2          | 1,6      | 37        | 128    | -           | 0,11        | -    | -       | 1,6     | 163         | 118          | 135        | -         |
| 6 juil.<br>F.N. 20<br>12-0m        | -         | 9,6  | -           | -   | 1,2        | 3,2          | 1,2      | 30        | 99     | -           | 0,05        | -    | -       | -       | 11,6        | 8,4          | 24         | -         |





| Dates<br>Filets<br>et<br>Profondeurs    | Diapt. grac.<br>♂ | ♀   | Diapt. lac.<br>♂ | ♀   | Cycl. shen. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Nauph. | Byth. long. | Lept. hyal. | Nida | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Haur. cochl. | Pol. plat. | Tr. long. |
|-----------------------------------------|-------------------|-----|------------------|-----|-------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|------------|--------------|------------|-----------|
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>145-120m         | -                 | -   | -                | 0,8 | 0,4         | -            | -        | -         | 0,8    | -           | -           | -    | -       | -       | -          | -            | -          | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>120-100m         | -                 | -   | -                | 0,4 | -           | -            | -        | -         | -      | -           | -           | -    | -       | -       | -          | -            | -          | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>100-80m          | 0,4               | -   | -                | 1,6 | 0,4         | -            | -        | -         | -      | -           | -           | 2    | -       | -       | -          | -            | -          | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>80-60m           | -                 | 3,2 | 1,6              | 6,4 | 3,2         | -            | -        | -         | -      | -           | -           | 0,8  | 6,8     | 0,4     | 1,2        | -            | -          | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>60-50m           | -                 | 6,4 | -                | 1,2 | 1,6         | -            | -        | 2,4       | -      | -           | -           | -    | 7,2     | -       | 0,4        | -            | -          | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>50-40m           | 0,8               | 2   | -                | 0,4 | 3,2         | -            | -        | 3,6       | 1,2    | 0,04        | -           | -    | -       | -       | 6,4        | 0,4          | 0,8        | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>40-30m           | 1,2               | 2   | -                | 0,8 | 0,8         | -            | -        | 1,6       | 5,2    | 0,02        | -           | -    | -       | -       | 8,8        | 0,8          | -          | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>30-20m           | 1,6               | 2,8 | -                | -   | -           | -            | -        | 2         | 3,6    | 0,06        | 0,01        | 0,4  | -       | 1,2     | 19,2       | -            | 0,8        | 0,4       |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>20-16m           | 0,4               | 1,2 | -                | -   | -           | -            | -        | 0,4       | 2      | 0,02        | 0,01        | -    | 0,8     | 0,8     | 6,8        | 2,4          | -          | 0,4       |
| 7 juill.<br>F.N. 12<br>15-10m           | -                 | 1,2 | -                | -   | -           | 0,4          | 0,4      | 1,2       | 0,8    | 0,02        | 0,09        | -    | -       | -       | 24         | 16           | 0,4        | -         |
| 7 juill.<br>F.N. 22<br>10-5m            | -                 | -   | -                | -   | -           | -            | -        | 4,8       | 38     | -           | 0,02        | -    | -       | -       | 25         | 57           | 35         | -         |
| 7 juill. 21 1/2 h.<br>F.N. 20<br>80-60m | -                 | 0,8 | 0,4              | 0,8 | 0,4         | -            | -        | -         | 0,4    | -           | -           | -    | -       | -       | 3,2        | 0,8          | 1,2        | -         |
| 7 juill. 21 1/2 h.<br>F.N. 20<br>30-20m | 1,2               | 3,6 | 0,4              | 4,8 | 4,8         | -            | -        | 2,4       | 6,4    | 0,04        | -           | -    | 8       | 1,2     | 70         | 25           | 12,8       | 0,8       |
| 7 juill. 21 1/2 h.<br>F.N. 20<br>20-10m | 0,8               | 4,4 | -                | 3,2 | 3,6         | -            | -        | 3,6       | 18,4   | 0,22!       | 0,01        | 0,8  | -       | 0,8     | 45         | 69           | 64         | -         |
| 7 juill. 21 1/4 h.<br>F.N. 20<br>10-0m  | 2                 | 2,4 | -                | -   | 1,2         | -            | 2        | 8         | 25,6   | -           | 0,02        | -    | -       | -       | 54         | 50           | 12,8       | -         |
| 8 juill. 1 h.<br>F.N. 20<br>1-0m        | -                 | 1,6 | -                | 0,4 | 0,4         | -            | -        | 2,4       | 4      | -           | 0,11!       | -    | 3,2!    | -       | 2,4        | 8            | 16         | -         |





| 15<br>juillet<br>-<br>F.N.20     | Diapt. grac.<br>♂ ♀ |      | Diapt. lac.<br>♂ ♀ |     | Cycl. stren. | Cycl. leuck. | J. Cycl. | J. Diapt. | Ranip. | Byth. long. | Lept. hyal. | Sida | Daphnia | Bosmina | Not. long. | Flur. cochl. | Pol. plat. | T. long. |
|----------------------------------|---------------------|------|--------------------|-----|--------------|--------------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------|---------|---------|------------|--------------|------------|----------|
| $\frac{1}{2}$ h.<br>30 fm - 30 m | 0,8                 | 2,4  | -                  | 0,4 | 0,4          | -            | 0,8      | -         | 4      | -           | -           | -    | -       | -       | 7,2        | 2,4          | 1,2        | 0,8      |
| $\frac{1}{2}$ h.<br>20-15 m      | -                   | 3,6  | -                  | 0,8 | 2,8          | -            | 0,4      | 0,8       | 2,4    | -           | -           | -    | -       | -       | 9,6        | 1,6          | 2,4        | -        |
| $\frac{1}{2}$ h.<br>15-10 m      | -                   | 0,4  | -                  | 0,4 | 1,2          | -            | -        | -         | 4      | -           | -           | -    | -       | -       | 7,2        | 2,4          | 8          | 0,4      |
| 1-2 h.<br>50-40 m                | -                   | 11,6 | -                  | 0,4 | 2            | -            | -        | 0,8       | 0,8    | -           | -           | -    | -       | -       | 8,8        | 2,4          | 7,2        | 2,4      |
| 1-2 h.<br>40-30 m                | -                   | 5,2  | 0,4                | -   | 0,4          | -            | -        | -         | 4      | -           | -           | -    | -       | -       | 6,4        | 3,2          | 5,6        | 1,6      |
| 1-2 h.<br>30-20 m                | -                   | 7,2  | -                  | -   | 2,8          | -            | -        | 0,8       | 5,6    | -           | -           | -    | -       | -       | 18,4       | 0,8          | 0,8        | 0,8      |
| 1-2 h.<br>20-10 m                | 0,4                 | 3,2  | -                  | 3,2 | 4            | -            | -        | 2         | 1,6    | 0,01        | -           | -    | -       | -       | 30         | 5,4          | 9,6        | 1,6      |
| 1-2 h.<br>10-5 m                 | -                   | 3,2  | -                  | 0,2 | 2,4          | 0,8          | 3,2      | 1,6       | 12     | -           | 0,02        | 0,4  | 0,8     | 0,8     | 4          | 14,4         | 2,1        | -        |
| 1-2 h.<br>5-0 m                  | -                   | 4,4  | -                  | 4   | 2,8          | 0,8          | 0,8      | 7,2       | 18,4   | -           | 0,06        | 0,04 | 4       | 0,8     | 9,6        | 16           | 3,2        | -        |
| 1-2 h.<br>3-0 m                  | 0,4                 | 2    | 0,4                | 2,4 | 0,4          | -            | 0,4      | 4,8       | 6,4    | -           | 0,02        | 0,8  | 5,2     | -       | 12,8       | 17,6         | 14,4       | -        |
| 1-2 h.<br>1-0 m                  | 6,4                 | 2    | 0,8                | 4,4 | 0,8          | -            | 0,8      | 1,6       | 2,4    | -           | 0,01        | -    | 1,6     | -       | 6,4        | 12,8         | 1,6        | -        |
| 1-2 h.<br>$\frac{1}{2}$ - 0 m    | -                   | -    | -                  | 0,8 | 0,4          | -            | -        | -         | 1,6    | -           | -           | 0,4  | 1,6     | 0,4     | 8          | 8            | 1,6        | -        |



*Stenobothrus communis*

Rare

Très rare.

| Espèces.         |         | Maximum                                                                                                      | Abondant                                        | Commun                                | Rare                              | Très rare.                            |
|------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <u>D. grac.</u>  | 1900    | mai-juin                                                                                                     | mars-avril-<br>juillet-août-<br>sept.-oct.-déc. | févr.-nov.                            |                                   |                                       |
|                  | 1917    | novembre                                                                                                     | mai à octobre                                   | Janv.-à avril.                        |                                   |                                       |
|                  | 1919-20 | août-sept.-oct.                                                                                              | novembre-mars                                   | Juillet-Déc.-Janv.<br>avril-mai-juin. |                                   |                                       |
|                  |         | <u>Signalé</u> en févr.-mars-avril-novembre et décembre<br><u>Absent</u> ? en mai, juin, juillet, Septembre. |                                                 |                                       |                                   | août-octobre                          |
| <u>D. lacin.</u> | 1917    | août                                                                                                         |                                                 | mai-juin-juill.<br>novembre           |                                   | le reste de l'année<br>ou<br>absent ? |
|                  | 1919-20 | août-sept.                                                                                                   |                                                 | décembre<br>mai-juin                  |                                   | id.                                   |
|                  |         |                                                                                                              |                                                 |                                       |                                   |                                       |
| <u>C. stren.</u> | 1900    |                                                                                                              | mai-juin                                        | juillet-août<br>Oct.-nov.-déc.        | Févr.-mars-avril.<br>Septembre    |                                       |
|                  | 1917    |                                                                                                              | avril-mai-juin                                  | juillet-août<br>novembre              | Février<br>Septembre              |                                       |
|                  | 1919-20 | mai                                                                                                          | août-sept.<br>juin                              | octobre-nov.                          | juillet                           | Janvier<br>mars-avril                 |
|                  |         |                                                                                                              |                                                 |                                       |                                   |                                       |
| <u>C. lenck.</u> | 1900    |                                                                                                              | avril-mai-juill.<br>oct.-nov.-déc.              | août-sept.                            | Févr.-mars<br>juin                |                                       |
|                  | 1917    | sept. nov.                                                                                                   | avril-mai<br>juill.-août                        |                                       | février<br>avril.                 | juin : absent ?                       |
|                  | 1919-20 | octobre<br>mai                                                                                               | août-sept.<br>novembre                          | mars-avril.                           | déc.-janv.-févr.<br>juin.-juillet |                                       |
|                  |         |                                                                                                              |                                                 |                                       |                                   |                                       |





| <u>Espèces.</u>    |         | <u>Maximum</u>           | <u>Abondant</u>                    | <u>Commun</u>                    | <u>Rare</u>            | <u>Très rare</u>                    |
|--------------------|---------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| <u>J. Cycl.</u>    | 1900    | juillet.<br>sept. Oct.   |                                    | avril-mai<br>août                | juin<br>nov.-déc.      | fév.-mars: absent?                  |
|                    | 1917    |                          | avril. sept. nov.                  |                                  | Mai à août             |                                     |
|                    | 1919-20 | août-sept.               | octobre<br>mai                     | nov.-déc.<br>janv. avril.        | Mars<br>juin-juillet.  |                                     |
| <u>J. Diapt.</u>   | 1900    |                          | mars à juillet                     | février<br>août-sept.            | oct.-nov.-déc.         |                                     |
|                    | 1917    | avril-mai                |                                    | sept. nov.                       |                        | .. ou absent<br>le reste de l'année |
|                    | 1919-20 | mai                      | août-sept.<br>mars<br>juin-juillet | avril.                           | déc.-janv.-fév.        |                                     |
| <u>Hauplius</u>    | 1900    | fév.-mars-avr.           | Mai à août                         | sept. à déc.                     |                        |                                     |
|                    | 1917    |                          | fév. avril<br>sept. nov.           | Mai à août                       |                        |                                     |
|                    | 1919-20 | septembre<br>mars-avril. | Juillet-août<br>oct.-nov.-déc.     | février<br>mai-juin.             |                        |                                     |
| <u>Bytl. long.</u> | 1900    | juin-juill.-août         |                                    | février<br>sept. à déc.          | avril                  | Mai: absent?                        |
|                    | 1917    | juillet                  | juin. août.                        |                                  | fév. avril<br>novembre | Mai } absent?<br>sept. }            |
|                    | 1919-20 |                          | novembre<br>et<br>juillet          | août-sept.-oct.<br>déc.-mai-juin | janv. à mars           | avril: absent?                      |





| <u>Espèces</u>     |         | <u>Maximum</u>  | <u>Abondant</u>        | <u>Commun</u>                | <u>Rare</u>                        | <u>Très rare.</u>                  |
|--------------------|---------|-----------------|------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <u>Lept. hyal.</u> | 1900    | août            |                        | septembre                    | mai-juin<br>oct. - nov.            | ou absent:<br>le reste de l'année. |
|                    | 1917    | juillet         | août                   |                              | juin<br>sept. - nov.               | id.                                |
|                    | 1919-20 | juin.           | août<br>juill. - sept. | mai                          |                                    | sept. à avril: absent?             |
| <u>Sida</u>        | 1900    |                 |                        | juin                         | mai. août.<br>sept. - oct.         | ou absent:<br>le reste de l'année. |
|                    | 1917    | juillet         | août                   |                              | juin<br>sept. nov.                 | id.                                |
|                    | 1919-20 |                 | août - sept.           | juin - juillet               |                                    | id.                                |
| <u>Daphnia</u>     | 1900    |                 |                        | juin - juillet               | mars - avr.<br>août - sept. - oct. | id.                                |
|                    | 1917    | août            | juin - juillet         | novembre                     |                                    | id.                                |
|                    | 1919-20 | août - sept.    | mai. juin. juill.      |                              | oct. - nov. - déc.                 | janvier<br>mars - avril.           |
| <u>Bosmina</u>     | 1900    |                 |                        | avril à juillet              | fév. - mars<br>août. oct.          | ou absent:<br>le reste de l'année. |
|                    | 1917    | Pas de données. |                        |                              |                                    |                                    |
|                    | 1919-20 | mai. juin       |                        | juillet - août<br>septembre. | oct. nov.<br>Janv. à avril         | de cembre.                         |



11th May 1950

Rare

*Troch. rufus*

| <u>Espèces</u>     |         | <u>Maximum</u>   | <u>Abondant</u>   | <u>Commun</u>            | <u>Rare</u>                     | <u>Très rare.</u>                   |
|--------------------|---------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| <u>Noth. long.</u> | 1900    | juillet          | juin. août        | févr. à mai<br>nov.-déc. | Sept.-oct.                      |                                     |
|                    | 1917    | juin             | juillet-août      | Septembre                | novembre<br>févr. à mai.        |                                     |
|                    | 1919-20 | mai-juin-juillet |                   | Sept.-oct.-nov.          | déc. janvier<br>mars. avril     |                                     |
| <u>Anur. c.</u>    | 1900    | juillet-août     | juin. sept.       |                          | févr.-mars<br>oct.-nov.         | ou absent:<br>le reste de l'année   |
|                    | 1917    | juillet          | juin-août         | Sept.-nov.               | févr. à mai                     |                                     |
|                    | 1919-20 | juin             | sept.-juillet     | mai<br>oct.-nov.         |                                 | ou absent:<br>janvier<br>mars-avril |
| <u>Pol. plat.</u>  | 1900    | août-sept.       | juin<br>novembre  |                          | févr.-juillet<br>Oct.-nov.-déc. |                                     |
|                    | 1917    | juillet          |                   |                          | avril-mai. Sept.                | ou absent:<br>le reste de l'année   |
|                    | 1919-20 | juillet          | mai-juin          | août<br>à<br>décembre    |                                 | ou absent:<br>Janv. à avril.        |
| <u>Tr. long.</u>   | 1900    | juillet          | juin              | avril-mai<br>août-sept.  |                                 | ou absent:<br>le reste de l'année   |
|                    | 1917    | juillet          |                   |                          | févr. à mai<br>août-sept.       | id.                                 |
|                    | 1919-20 | mai              | avril-juin-juill. |                          |                                 | Sept. à mars                        |





*Diaptomus gracilis*.

Tabl. 47.

| Profondeurs | 1917<br>10<br>mai | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juillet | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>novembre | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>septembre | 1919<br>24<br>octobre | 1919<br>1<br>décembre |
|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|             | ♂ ♀               | ♂+♀               | ♂+♀                | ♂+♀                   | ♂+♀                | ♂+♀                   | ♂+♀                | ♂+♀                     | ♂+♀                   | ♂ ♀                   |
| 80-60m      | 11 7              | 2                 | 9                  | -                     | 1                  | 11                    | 4                  | 6                       | ?                     | 40 20                 |
| 60-50       | 7 3               | 3                 | 4                  | -                     | 5                  | 13                    | 6                  | 7                       | ?                     | 5 3                   |
| 50-40       |                   | 3                 | 5                  | 43                    | 13                 |                       | ?                  | 7                       | ?                     | 5 3                   |
| 40-30       | 22 20             | 3                 | 13                 | 16                    | 31                 | 14                    | 12                 | 35                      | ?                     | 20 22                 |
| 30-20       |                   | 40                | 20                 | 6                     | 17                 |                       | 10                 | 25                      | 9                     | 12 14                 |
| 20-10       | 60 70             | 49                | 49                 | 35                    | 33                 | 62                    | 48                 | 19                      | 21                    | 9 11                  |
| 10-0        |                   |                   |                    |                       |                    |                       | 20                 | -                       | 70                    | 9 27                  |

NB. Les tableaux 47 à 63 indiquent le % d'individus dans les différentes couches.

*Diaptomus gracilis*

Tabl. 48.

| Profondeurs | 1920<br>3<br>mars | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juillet | 1920<br>7<br>juillet             |
|-------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|
|             | ♂ ♀               | ♂ ♀                | ♂ ♀                 | ♂ ♀              | ♂ ♀               | ♂ ♀               | ♂ ♀                | ♂ ♀                | ♂ ♀                  | ♂ ♀                              |
| 80-60m      | 1 1               | - 1                | 7 -                 | - -              | - -               | - 4               | - 3                | 6 1                | - -                  | 145-100m: 0<br>100-80: 2<br>- 17 |
| 60-50       | - -               | - 1                | - 3                 | - 7              | - -               | 6                 | - 5                | 10 17              | 6 10                 | - 24 - 30                        |
| 50-40       | - 1/2             | - -                | - 9                 | - -              | - -               |                   | - 8                | - 9                | - 11                 | - 15 20 10                       |
| 40-30       | - 1/2             | - 2                | - 3                 | 10 22            | - -               | 13                | - 7                | 52 17              | 17 30                | 33 18 30 10                      |
| 30-20       | - 2               | 9 17               | - 11                | - 3              | - -               |                   | - 16               | 26 25              | 47 22                | 51 32 40 15                      |
| 20-10       | 40 15             | 59 55              | 31 48               | - 3              | - 25              | 60 28             | 12 23              | 12 10              | 16 11                | 10 14                            |
| 10-0        | 59 80             | 32 22              | 62 24               | 90 64            | 100 54            | 40 32             | - 6                | 12 6               | - -                  | - -                              |





*Diaptomus laciniatus*

Tabl. 49.

| Profondeur | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1917<br>23<br>août | 1917<br>17<br>sept. | 1919<br>1<br>décembre | 1920<br>3<br>mars | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juillet | 1920<br>7<br>juillet |
|------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|            | ♂+♀               | ♂+♀                | ♂+♀                  | ♂+♀                | ♂+♀               | ♂+♀                | ♂+♀                 | ♂ ♀                   | ♂ ♀               | ♂ ♀                | ♂ ♀               | ♂ ♀               | ♂ ♀                | ♂ ♀                | ♂ ♀                  | ♂ ♀                  |
| 80-60      | 20                | 12                 | -                    | 44                 | 29                | 16                 | 60                  | 65 68                 | 10 -              | 34 -               | -                 | -                 | 15 -               | 48                 | 100 80               | - - 100 52           |
| 60-50      | -                 | 4                  | -                    | 29                 | 40                | 1½                 | 3                   | 12 4                  | - 11              | 16 -               | -                 | 57                | - 15               | - 29               | - 16                 | - 55 - 12            |
| 50-40      | -                 | -                  | 30                   | 12                 |                   | 18                 | 2                   | - 8                   | - -               | 16 -               | -                 | -                 | 40 -               | 9 -                | 4 -                  | 23 - 4               |
| 40-30      | 40                | 17                 | 23                   | 4                  | 12                | 3                  | 12                  | 12 8                  | - -               | 16 50              | -                 | 43                | - 20               | - 5                | - -                  | 9 - 7                |
| 30-20      | 40                | 29                 | 17                   | 3                  |                   | 4                  | 12                  | - 4                   | - -               | - -                | -                 | -                 | 10 -               | 9 -                | - -                  | 13 - -               |
| 20-10      | -                 | 38                 | 30                   | 7                  | 18                | 37                 | 11                  | - 4                   | 10                | - -                | - -               | - -               | - -                | - -                | - -                  | - -                  |
| 10-0       | -                 |                    |                      |                    |                   | 13                 | -                   | 11 4                  | 80 89             | 17 50              | - -               | - -               | - -                | - -                | - -                  | - -                  |

*Cyclops strenuus*

Tabl. 50.

| Profondeurs | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>24<br>oct. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juillet                    | 1920<br>7<br>juillet |
|-------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| 80-60       | 3                 | 1½                 | 2                    | 25                 | 2½                | 25                 | 9                   | -                  | 34                | -                | -                 | -                 | 2                  | 6                  | 145-120:4<br>120-100:0<br>100-80:1<br>8 |                      |
| 60-50       | 2                 | 1½                 | ?                    | 27                 | 8                 | 10                 | 35                  | -                  | -                 | 12               | 7                 | 5                 | 40                 | 30                 | 33                                      | 15                   |
| 50-40       | ?                 | 4                  | 40                   | 16                 |                   | 25                 | 16                  | -                  | 16                | -                |                   | 10                | 38                 | 27                 | 33                                      | 8                    |
| 40-30       | 36                | 26                 | 35                   | 8                  | 32                | 16                 | 8                   | -                  | -                 | 12               | 7                 | 17                | 8                  | 16                 | 22                                      | 2                    |
| 30-20       | 23                | 51                 | 10                   | 8                  |                   | 1                  | 16                  | 27                 | 17                | -                |                   | 18                | 12                 | 21                 | 7                                       | -                    |
| 20-10       | 35                | 16                 | 13                   | 16                 | 57                | 8                  | 15                  | 46                 | 17                | -                | 33                | 24                | -                  | -                  | 6                                       | -                    |
| 10-0        |                   |                    |                      |                    |                   | 15                 | ?                   | 27                 | 16                | 76               | 53                | 26                | -                  | -                  | -                                       | -                    |



151901

# *Cyclops leuckarti*

Tabl. 51.

| Profondeurs | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>24<br>oct. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>3<br>mars | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>3<br>juillet |
|-------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 80-60m      |                      |                    | 8                 | 1                  | ?                   | 20                 | 65                | 2                 |                    |                     |                  |                   |                   |                      |
| 60-50       | -                    | 4                  | -                 | -                  | -                   | ?                  | 10                | 8                 | 4                  | -                   | -                | -                 | -                 | -                    |
| 50-40       | -                    | -                  | -                 | -                  | 1                   | ?                  | 23                | 8                 | 4                  | 5                   | -                | -                 | -                 | -                    |
| 40-30       | -                    | -                  | 47                | 3                  | 5                   | ?                  | 26                | 8                 | 2                  | 3                   | -                | 7                 | -                 | -                    |
| 30-20       | -                    | -                  |                   | 3                  | 61                  | 30                 | 4                 | 7                 | 4                  | 7                   | 2                |                   | -                 | -                    |
| 20-10       | 100                  | 96                 | 53                | 44                 | 30                  | 53                 | 6                 | 4                 | 65                 | 64                  | 8                | 30                | -                 | 50                   |
| 10-0        |                      |                    |                   | 42                 | -                   | 17                 | 11                | -                 | 19                 | 20                  | 90               | 63                | 100               | 50                   |

# *Jeunes Cyclops.*

Tabl. 52.

| Profondeurs | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>24<br>oct. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin |
|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 80-60m      | -                  | 3                 | -                  | 33                | -                  | -                   | -                | -                 | -                 | -                  | -                  |
| 60-50       | -                  | 5                 | -                  | 6                 | -                  | -                   | -                | 4                 | -                 | -                  | -                  |
| 50-40       | -                  |                   | -                  | 16                | -                  | -                   | $\frac{1}{2}$    |                   | -                 | -                  | -                  |
| 40-30       | -                  | 25                | -                  | 14                | -                  | -                   | $\frac{1}{2}$    | 16                | -                 | -                  | -                  |
| 30-20       | -                  |                   | 21                 | 20                | 100                | 10                  | $\frac{1}{2}$    |                   | -                 | -                  | -                  |
| 20-10       | -                  | 67                | 45                 | 2                 | -                  | 56                  | 10               | 44                | 10                | 33                 | -                  |
| 10-0        | 100                |                   | 34                 | 9                 | -                  | 34                  | 88               | 36                | 90                | 67                 | 100                |



*Jeunes viaptomis*

7/2/52

*Jeunes Diaptomus*

Tabl. 53.

| Profondeurs | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>3<br>mars | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juill. | 1920<br>7<br>juill. |
|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 80-60m      | 25                | 5                 | $\frac{1}{2}$      | -                   | -                | -                 | -                 | -                  | -                  | -                   | -                   |
| 60-50       | -                 | 10                | 1                  | $\frac{1}{2}$       | $\frac{1}{2}$    | 7                 | -                 | -                  | -                  | 13                  | 14                  |
| 50-40       | -                 | 5                 | 3                  | $\frac{1}{2}$       | $\frac{1}{2}$    |                   | 3                 | 33                 | 5                  | 24                  | 20                  |
| 40-30       | 25                | 5                 | 6                  | 7                   | 3                | 29                | 8                 | 25                 | 33                 | 25                  | 9                   |
| 30-20       | 25                | 10                | 13                 | 7                   | 3                |                   | 32                | 15                 | 24                 | 14                  | 10                  |
| 20-10       | 25                | 25                | 47                 | 40                  | 13               | 64                | 41                | 9                  | 9                  | 7                   | 9                   |
| 10-0        | -                 | 40                | 29                 | 44                  | 80               |                   | 16                | 18                 | 29                 | 17                  | 38                  |

*Nauplius*

Tabl. 54.

| Profondeurs | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>24<br>oct. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>3<br>mars | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>3<br>juill. |
|-------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| 80-60m      | -                 | 2                    | -                  | 9                 | $\frac{1}{10}$     | 5                   | ?                  | 30                | 20                | 4                  | 1                   | -                | 1                 | -                  | -                   |
| 60-50       | -                 | -                    | 2                  | 54                | $\frac{1}{10}$     | 13                  | ?                  | 12                | 13                | 3                  | 2                   | 3                | $\frac{1}{2}$     | 3                  | 1                   |
| 50-40       | ?                 | 4                    | 5                  |                   | 1                  | 10                  | ?                  | 8                 | 16                | 5                  | 3                   | 6                | 2                 | 8                  | 2                   |
| 40-30       | 9                 | 1                    | 5                  | 32                | 4                  | 30                  | ?                  | 15                | 17                | 16                 | 4                   | 8                | 3                 | 7                  | 7                   |
| 30-20       | 14                | 10                   | 7                  |                   | 4                  | 14                  | 70                 | 9                 | 9                 | 33                 | 12                  | 5                | 2                 | 13                 | 15                  |
| 20-10       | 77                | 83                   | 81                 | 5                 | 32                 | 28                  | 19                 | 9                 | 13                | 24                 | 33                  | 2                | 41                | 16                 | 40                  |
| 10-0        |                   |                      |                    |                   | 59                 | -                   | 11                 | 17                | 12                | 15                 | 45                  | 76               | 50                | 63                 | 35                  |





*Bythotrephes longimanus*

Tabl. 55.

| Profondeurs | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juill. | 1920<br>7<br>juill. |
|-------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 80-60m      | 8                  | -                    | -                  | 20                | 5                  | 5                   | 12                | 7                  |                   | -                 | -                  | -                  | -                   | -                   |
| 60-50       | -                  | -                    | 4                  | -                 | -                  | 10                  | -                 | 7                  | 50                | 5                 | -                  | 10                 | -                   | -                   |
| 50-40       | -                  | 2                    | 4                  | -                 | 5                  | 19                  | 15                | -                  |                   | 5                 | -                  | 24                 | 11                  | 25                  |
| 40-30       | -                  | 16                   | 22                 | 20                | 15                 | 38                  | 22                | 13                 | -                 | -                 | 8                  | 10                 | 6                   | 13                  |
| 30-20       | 8                  | 53                   | 46                 |                   | 20                 | 28                  | 15                | 7                  | -                 | 10                | 8                  | 24                 | 11                  | 38                  |
| 20-10       | 84                 | 28                   | 24                 | 60                | 55                 | -                   | 30                | 20                 | 25                | 43                | 30                 | 5                  | 55                  | 24                  |
| 10-0        |                    |                      |                    |                   | -                  | -                   | 6                 | 46                 | 25                | 37                | 54                 | 27                 | 17                  | -                   |

*Leptodora hyalina*

Tabl. 56.

| Profondeurs: | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juillet | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>novembre | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juillet | 1920<br>7<br>juillet. |
|--------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 80-60m       | -                  | -                     | -                  | -                     | -                 | -                  | -                  | -                    | -                     |
| 60-50        | -                  | -                     | -                  | -                     | -                 | -                  | -                  | -                    | -                     |
| 50-40        | -                  | -                     | -                  | -                     | -                 | -                  | -                  | -                    | -                     |
| 40-30        | -                  | 2                     | -                  | -                     | -                 | -                  | 9                  | -                    | 33                    |
| 30-20        | -                  | -                     | -                  | 6                     | 7                 | -                  | 18                 | -                    |                       |
| 20-10        | -                  | 7                     | 7                  | 50                    | 78                | 100                | 73                 | 100                  | 67                    |
| 10-0         | 100                | 91                    | 93                 | 44                    |                   |                    |                    |                      |                       |



Tabl. 57.

.....

*Sida limnetica*

Tabl. 57.

| Profondeurs | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>14<br>juillet | 1917<br>2<br>novembre | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>septembre | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juillet | 1920<br>7<br>juillet |
|-------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 80-60m      | 11                | -                     | -                     | 75                 | -                       | 16                 | 100                | -                    | 100-80m: 62<br>25    |
| 60-50       | 22                | -                     | -                     | 25                 | 50                      | 51                 | -                  | 50                   | -                    |
| 50-40       | -                 | -                     | -                     | -                  | 50                      | -                  | -                  | -                    | -                    |
| 40-30       | -                 | 62                    | 4                     | -                  | -                       | 33                 | -                  | -                    | -                    |
| 30-20       | 60                | 25                    |                       | -                  | -                       | -                  | -                  | -                    | 13                   |
| 20-10       | -                 | 13                    | jeunes<br>53          | -                  | -                       | -                  | -                  | 50                   | -                    |
| 10-0        | -                 |                       | j. 43                 | -                  | -                       | -                  | -                  | -                    | -                    |

*Daphnia hyalina*

Tabl. 58.

| Profondeurs | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>24<br>oct. | 1919<br>7<br>déc. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juill. | 1920<br>7<br>juill. |
|-------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 80-60m      | -                 | -                  | -                    | 25                 | -                 | 13                 | 25                  | -                  | -                 | -                  | -                | -                 | -                 | 4                  | 20                 | -                   | 46                  |
| 60-50       | -                 | 7                  | -                    | 44                 | 23                | 67                 | 44                  | -                  | 50                | -                  | -                | -                 | 14                | 44                 | 55                 | 44                  | 51                  |
| 50-40       | -                 | 6                  | 44                   | 25                 |                   | 20                 | 19                  | -                  | -                 | 50                 | -                | -                 | 52                | 24                 | 10                 | 12                  | -                   |
| 40-30       | 10                | 11                 | 29                   | 1                  | 23                | -                  | 6                   | -                  | -                 | -                  | 50               | 75                | 12                | 8                  | -                  | -                   | -                   |
| 30-20       | 25                | 19                 | 12                   | 4                  |                   | -                  | -                   | 34                 | 50                | 50                 | -                |                   | 4                 | 4                  | 10                 | -                   | -                   |
| 20-10       | 65                | 57                 | 15                   | 1                  | 54                | -                  | 6                   | 33                 | -                 | -                  | -                | -                 | 14                | 16                 | 5                  | 44                  | 3                   |
| 10-0        |                   |                    |                      |                    |                   | -                  | -                   | 33                 | -                 | -                  | 50               | 25                | 4                 | -                  | -                  | -                   | -                   |



71116

Tab 159.

*Bosmina longirostris et coregoni*

Tabl. 59.

| Profondeurs | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juill. | 1920<br>7<br>juill. |
|-------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 80-60m      | 6                  | -                   | 16                | 10                 | 20                  |                   | -                 | -                  | 11                 | -                   | -                   |
| 60-50       | 13                 | -                   | 16                | 30                 | 20                  | 9                 | 3                 | 6                  | 11                 | 11                  | -                   |
| 50-40       | -                  | -                   | 16                | 10                 | -                   |                   | 2                 | -                  | 11                 | 11                  | -                   |
| 40-30       | 3                  | -                   | 17                | 10                 | 30                  | -                 | 5                 | 6                  | -                  | -                   | -                   |
| 30-20       | -                  | 60                  | 17                | -                  | -                   | 9                 | 3                 | 25                 | -                  | 11                  | 60                  |
| 20-10       | 26                 | 40                  | -                 | 20                 | 10                  | -                 | 10                | 4                  | 22                 | 22                  | 40                  |
| 10-0        | 52                 | ?                   | 18                | 20                 | 20                  | 82                | 77                | 59                 | 45                 | 45                  | 9                   |

*Notolca longispina*

Tabl. 60.

| Profondeur | 1917<br>5<br>juin | 1917<br>20<br>juin | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>3<br>juillet |
|------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| 80-60m     | -                 | -                  | 6                    | 3                  | 11                | 17                 | 24                  | 2                 | 2                  | -                   | -                 | $\frac{1}{2}$     | 1                  | -                    |
| 60-50m     | -                 | -                  | -                    | 5                  | 8                 | 9                  | 21                  | 2                 | 10                 | -                   | -                 | $1\frac{1}{2}$    | $1\frac{1}{2}$     | 2                    |
| 50-40      | -                 | -                  | 1                    | 9                  |                   | 10                 | 6                   | 12                | 2                  | -                   | -                 | 1                 | 5                  | 1                    |
| 40-30      | $\frac{1}{2}$     | -                  | 9                    | 16                 | 53                | 14                 | 16                  | 20                | 8                  | 3                   | -                 | 3                 | 8                  | 7                    |
| 30-20      | $\frac{1}{2}$     | 17                 | 44                   | 34                 |                   | 18                 | 22                  | 12                | 4                  | 3                   | -                 | 21                | 10                 | 22                   |
| 20-10      | 99                | 83                 | 40                   | 33                 | 28                | 21                 | 12                  | 29                | 68                 | 22                  | 4                 | 18                | 14                 | 48                   |
| 10-0       |                   |                    |                      |                    |                   | 10                 | ?                   | 23                | 6                  | 72                  | 96                | 55                | 61                 | 20                   |



51.10211.001 2021.11

1919

[illegible]

*Anurea cochlearis*

Tabl. 61.

| Profondeurs | 1917<br>30<br>juin | 1917<br>14<br>juillet | 1917<br>13<br>août | 1917<br>2<br>nov. | 1919<br>23<br>août | 1919<br>29<br>sept. | 1919<br>1<br>déc. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>3<br>juill. |
|-------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| 80-60 m     | -                  | -                     | 4                  | 8                 | -                  | 4                   | 14                | -                  | -                   | -                | -                 | -                 | $\frac{1}{8}$      | -                   |
| 60-50       | -                  | -                     | 1                  | 8                 | -                  | -                   | -                 | -                  | -                   | -                | -                 | $\frac{1}{3}$     | $\frac{1}{8}$      | 1                   |
| 50-40       | -                  | 5                     | 12                 |                   | 5                  | -                   | -                 | 6                  | -                   | -                | -                 | $\frac{1}{2}$     | $\frac{1}{2}$      | -                   |
| 40-30       | -                  | -                     | 9                  |                   | -                  | -                   | -                 | 12                 | -                   | -                | -                 | $\frac{1}{6}$     | $\frac{1}{2}$      | 2                   |
| 30-20       | -                  | 8                     | 16                 |                   | 10                 | 4                   | 14                | 6                  | -                   | -                | -                 | $\frac{1}{2}$     | $\frac{1}{2}$      | 3                   |
| 20-10       | 5                  | 87                    | 58                 | 42                | 12                 | 92                  | 44                | 56                 | 50                  | -                | -                 | 6                 | 23                 | 32                  |
| 10-0        | 95                 |                       |                    |                   | 73                 | ?                   | 28                | 20                 | 50                  | 100              | 100               | 81                | 75                 | 62                  |

*Polyarthra platyptera*

Tabl. 62

| Profondeurs | 1917<br>14<br>juill. | 1919<br>1<br>dec. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juill. |
|-------------|----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 80-60 m     | -                    | 33                | -                  | -                   | -                | -                 | $\frac{2}{3}$     | -                  | -                  | -                   |
| 60-50       | -                    | -                 | -                  | -                   | -                | -                 | $\frac{2}{3}$     | $1\frac{1}{2}$     | -                  | 5                   |
| 50-40       | -                    | -                 | -                  | -                   | 2                | -                 | 2                 | 3                  | 2                  | -                   |
| 40-30       | -                    | -                 | -                  | -                   | -                | -                 | 3                 | -                  | 13                 | 2                   |
| 30-20       | 32                   | -                 | 9                  | -                   | -                | -                 | 8                 | 18                 | 17                 | 11                  |
| 20-10       | 68                   | -                 | 33                 | 36                  | 4                | 2                 | 17                | 45                 | 42                 | 28                  |
| 10-0        |                      | 67                | 52                 | 64                  | 94               | 98                | 68                | 32                 | 26                 | 54                  |





*Triarthra longiseta*

Tabl. 63.

| Profondeurs | 1917<br>14<br>juill. | 1917<br>13<br>août | 1919<br>17<br>sept. | 1919<br>1<br>oct. | 1920<br>28<br>mars | 1920<br>12<br>avril | 1920<br>7<br>mai | 1920<br>12<br>mai | 1920<br>8<br>juin | 1920<br>22<br>juin | 1920<br>28<br>juin | 1920<br>3<br>juillet. |
|-------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 80-60m      | -                    | 32                 | -                   | -                 | -                  | -                   | -                | -                 | -                 | -                  | 1                  | -                     |
| 60-50       | -                    | -                  | -                   | -                 | -                  | -                   | -                | -                 | -                 | -                  | 3                  | -                     |
| 50-40       | -                    | -                  | -                   | 100               | -                  | -                   | -                | -                 | 3                 | -                  | -                  | -                     |
| 40-30       | -                    | -                  | -                   | -                 | 12                 | -                   | -                | -                 | -                 | 4                  | 38                 | 6                     |
| 30-20       | 100                  | 17                 | 75                  | -                 | 9                  | -                   | -                | 16                | 9                 | 23                 | 38                 | 53                    |
| 20-10       | -                    | 51                 | 25                  | -                 | -                  | 83                  | -                | 28                | 51                | 62                 | 14                 | -                     |
| 10-0        | -                    |                    | ?                   | -                 | 73                 | 17                  | 100              | 56                | 37                | 11                 | -                  | 41                    |

Températures moyennes de l'air (en C°)

Tabl. 64.

| Années | Janv. | Févr. | Mars | Avril | Mai  | Juin | Juillet | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--------|-------|-------|------|-------|------|------|---------|------|-------|------|------|------|
| 1898   | 1     | 1,6   | 3,9  | 9,2   | 11,9 | 15,2 | 18      | 20,1 | 17,4  | 11   | 5,7  | 1,4  |
| 1900   | 1,6   | 3,1   | 1,4  | 8,1   | 12,1 | 18,3 | 20,7    | 17,4 | 16,5  | 10,1 | 5,3  | 2,8  |
| 1906   | 1,1   | 0,0   | 3,6  | 8,4   | 13   | 16,4 | 19,3    | 19,9 | 15,2  | 11   | 5,5  | -1,3 |
| 1917   | -1,5  | -2    | 2,1  | 5,7   | 15,9 | 18,4 | 18,3    | 16,3 | 16,4  | 7,8  | 4,3  | -3,3 |

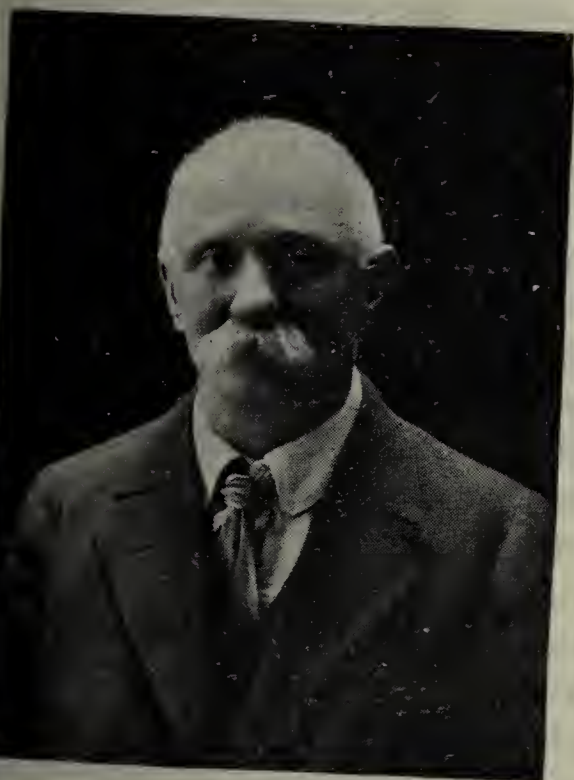


# Edmond BÉRANECK

1859-1920

PAR M. BEDOT

---



La mort d'Edmond Béraneck est un deuil cruel pour tous ceux qui ont été à même d'apprécier l'œuvre accomplie par ce biologiste éminent, dont la vie entière a été consacrée à la science et à la philanthropie. Il avait pris une part active à la création de la *Revue suisse de Zoologie*, qui a le chagrin de voir disparaître avec lui un ami fidèle et un de ses collaborateurs les plus distingués.

Né en 1859 à Vevey, Béraneck fit ses premières études à Lausanne, où le professeur DuPlessis sut développer ses qualités

d'observation et son goût pour la zoologie.

En 1883, il fut nommé professeur de zoologie au Gymnase et à l'Académie de Neuchâtel. N'ayant pas d'autres ressources que celles que son travail pouvait lui assurer, Béraneck, heureux de la position qu'il venait d'obtenir, comprit, cependant, que le but n'était pas atteint et qu'il devait aller plus loin, en complétant ses études. Il voulut tout d'abord prendre le grade de docteur, ce qui n'était pas facile, car, à cette époque, Neuchâtel et Lausanne n'avaient pas d'Université. Il songea alors à aller à Genève où l'attirait le désir de travailler auprès du professeur Hermann Fol. Dans l'impossibilité d'abandonner son enseignement à Neuchâtel, il s'arrangea de façon à donner toutes ses leçons du lundi au jeudi matin ; le midi, il sautait dans le train et arrivait vers 3 heures au laboratoire de Fol où il travaillait d'arrache-pied jusqu'au

dimanche matin. C'est là qu'il fit sa thèse sur le développement des nerfs crâniens chez le Léopard.

Lorsqu'il eut obtenu, en 1884, le diplôme de docteur ès sciences, il voulut encore se familiariser avec les méthodes de travail des universités allemandes et aller étudier sur place la faune marine qui lui était inconnue. Mais que de difficultés à vaincre pour obtenir les congés nécessaires et pour introduire dans un budget très restreint des frais de voyage et le traitement d'un remplaçant ! A force d'économie et de ténacité, il y arriva cependant.

En 1886, il travailla pendant quelques mois dans le laboratoire d'Haeckel, à Iena, où il publia ses premières recherches sur l'œil pariétal des Reptiles.

Après avoir fait un séjour à Roscoff, pour étudier la faune marine, il se rendit à Villefranche-sur-Mer où son maître H. Fol dirigeait la Station zoologique, et, sur les conseils du savant embryogéniste, il se mit à l'étude du développement des Métazoaires supérieurs, qui semblait devoir fournir des résultats intéressants pour le problème de la descendance des Vertébrés. Il a publié un exposé critique très intéressant de cette question, dans un travail malheureusement peu connu par le fait qu'il a paru non pas dans une revue scientifique, mais dans le *Programme des cours de l'Académie de Neuchâtel pour l'année 1891-92*.

Un ami pour lequel il éprouvait une profonde affection étant atteint de tuberculose pulmonaire, Béraneck se dit qu'il devait tout faire pour essayer de le sauver et, sans mesurer l'étendue de la tâche à laquelle il allait consacrer sa vie, il entreprit l'étude de la tuberculose, bien qu'il n'eût pas de laboratoire, pas de ressources lui permettant d'en créer un, et, en outre, un enseignement qui prenait la plus grande partie de son temps.

Malgré les conditions défavorables dans lesquelles il se trouvait, et le chagrin qu'il éprouva en voyant son ami succomber au mal qu'il n'avait pu vaincre, Béraneck, dont le cœur souffrait en constatant les ravages que la tuberculose faisait autour de lui, poursuivit ses recherches sans relâche.

Un hasard heureux le mit en relation, en 1894, avec Léon Massol qui lui offrit l'hospitalité dans le laboratoire de sérothérapie et de bactériologie de la ville de Genève, dont il était directeur.

L'orientation nouvelle de son activité scientifique n'empêcha pas Béraneck de continuer à s'occuper d'embryogénie et de suivre de près les progrès de cette science. Il fit même



à l'Université de Genève, en 1895, un cours libre sur les formes larvaires des Métazoaires. Mais il dut bientôt renoncer à mener de front l'enseignement de la zoologie à Neuchâtel et des recherches bactériologiques à Genève, et, après la réorganisation des études supérieures à Neuchâtel, où l'on venait de transformer l'Académie en Université, il fut obligé, en 1911, d'abandonner l'enseignement de la zoologie et de conserver seulement celui de la biologie générale et de l'embryogénie. Il avait à sa disposition, dans le sous-sol de la nouvelle Université, un laboratoire, bien inconfortable et malsain, mais dans lequel il put cependant poursuivre ses recherches bactériologiques. C'est là que, pendant les dernières années de sa vie, il a travaillé sans relâche, secondé par une compagne d'un dévouement inaltérable, qui fut pour lui le plus précieux et le plus affectueux des collaborateurs.

Après de longues et patientes recherches, il était arrivé à trouver la formule de la tuberculine qui porte son nom et une série de dérivés combinés avec des sels métalliques.

Béraneck avait été médecin, l'usage de sa tuberculine aurait pu se répandre plus rapidement, car son emploi a donné des résultats très remarquables, sur lesquels les travaux du Dr Sahli, professeur à l'Université de Berne, ont attiré l'attention du monde médical.

L'œuvre de Béraneck doit lui survivre ; il faut qu'elle soit continuée en suivant la voie qu'il a tracée. Il savait qu'il y avait encore beaucoup à faire pour perfectionner ses méthodes, mais les expériences qu'il avait en vue, et dont il avait fait le plan, nécessitaient de grandes dépenses ; il n'a pu les réaliser.

Au moment où l'on commençait à parler des résultats obtenus par l'emploi de sa tuberculine, quelques personnes proposèrent de lui remettre un capital pour faire des expériences, à la condition d'exploiter commercialement ce produit. Béraneck refusa, car il lui répugnait de penser que pouvait réaliser un bénéfice sur la vente d'un remède destiné à soulager ceux qui souffrent. C'est là un trait qui caractérise bien cet homme foncièrement bon et généreux, qui aimait la science par-dessus tout et pour elle-même, au point qu'il n'aurait pas osé lui demander des avantages matériels ou des satisfactions de vanité.

Malgré les prises avec les difficultés de la vie, atteint de surdité et souffrant de rhumatismes qui lui rendaient la marche difficile, il a conservé jusqu'à la fin une gaieté et une sérénité admirables, heureux de pouvoir travailler et ne dési-

rant qu'une chose, c'est que son travail fût utile aux autres. Et combien en ont profité !

On peut dire que l'influence de Béranecq a été considérable, non seulement par les résultats de ses recherches, mais encore par sa valeur morale, par le rayonnement de son cœur et de son intelligence. Il mettait une conscience scrupuleuse à accomplir les tâches qu'il s'était imposées et celles qu'il avait acceptées pour rendre service à des collègues, à des amis, ou à des malheureux qui avaient besoin de son aide. La satisfaction du devoir accompli était la seule récompense qu'il désirait et il n'en a jamais cherché d'autre.

Ses amis s'accordaient à déplorer la trop grande modestie qui le poussait toujours à s'effacer, à éviter d'attirer l'attention sur lui. Mais, lorsqu'il se laissait aller, dans l'intimité, à parler des grands problèmes biologiques dont l'étude le captivait, on était charmé par ses exposés clairs et précis, on admirait l'ampleur de ses conceptions, la sûreté de ses informations et la délicatesse avec laquelle il évitait toujours de froisser les croyances de ceux qui pensaient autrement que lui.

Le dernier travail qu'il ait écrit est une étude sur la biologie de Le Dantec.

Le 26 octobre, une congestion cérébrale l'a enlevé brutalement à l'affection de sa famille et de ses amis.

La mort d'un homme qui a consacré toute sa vie à rechercher la vérité et à faire le bien, sans aucune idée d'une récompense future, est une perte irréparable.

---

### Publications d'Edmond Béranecq.

1. BÉRANECK, E. Recherches sur le développement des nerfs crâniens chez les Lézards. *Recueil zool. suisse*, tome I, n° 1, p. 519-603, pl. 27-30. Genève, 1884. — Et à part, thèse.
2. — Ueber das Parietalauge der Reptilien. *Jena. Zeits. Nat.*, Band XXI, p. 374-410, pl. 22-23. Jena, 1887.
3. — Etude sur les replis médullaires du Poulet. *Recueil zool. suisse*, tome IV, n° 2-3 (1887), p. 305-364, pl. 14. Genève, 1887.
4. — Etude sur les corpuscules marginaux des Actinies. *Bull. soc. sc. nat.* Neuchâtel, tome XVI, p. 3-40, pl. 1. Neuchâtel, 1888.



5. — Sur l'histogenèse des nerfs céphaliques. *Bull. soc. sc. nat.* Neuchâtel, tome XVI, p. 236-238. Neuchâtel, 1888.
6. — Organe des sens branchiaux. *Bull. soc. sc. nat.* Neuchâtel, tome XVI, p. 240-241. Neuchâtel, 1888.
7. — L'œil primitif des Vertébrés. *Arch. sc. phys. nat.*, (3) tome XXIV, p. 361-380, pl. 3. Genève, 1890.
8. — Théories récentes sur la descendance des Vertébrés. *Programme des cours de l'Académie de Neuchâtel* pour l'année 1891-92. Neuchâtel, 1891.
9. — Sur le nerf de l'œil pariétal des Vertébrés. 74<sup>me</sup> sess. Soc. helv. sc. nat. Fribourg, 1891. *Arch. sc. phys. nat.*, (3) tome XXVI, p. 589-594. Genève, 1891.
0. — et VERREY, L. Sur une nouvelle fonction de la choroïde. *Bull. soc. sc. nat.* Neuchâtel, tome XX, p. 49-92. Neuchâtel, 1891-92.
1. — Sur le nerf pariétal et la morphologie du troisième œil des Vertébrés. *Anat. Anz.*, Jahrg. VII, p. 674-689, fig. Jena, 1892.
2. — L'embryogénie de l'œil des Alciopides. 75<sup>me</sup> sess. Soc. helv. sc. nat., Bâle, 1892. *Arch. sc. phys. nat.*, (3) tome XXVIII, p. 554-555. Genève, 1892.
3. — Etude sur l'embryogénie et sur l'histologie de l'œil des Alciopides. *Rev. suisse zool.*, tome I, p. 65-111, pl. 4. Genève, 1893.
4. — Contribution à l'embryogénie de la glande pinéale des Amphibiens. *Rev. suisse zool.*, tome I, p. 9-11. Genève, 1893.
5. — L'organe auditif des Alciopides. *Rev. suisse zool.*, tome I, p. 464-500, pl. 17. Genève, 1893.
6. — L'individualité de l'œil pariétal. Réponse à M. de Klinkowström. *Anat. Anz.*, Jahrg. VIII, p. 669-677. Jena, 1893.
7. — Quelques stades larvaires d'un Chétopère. *Rev. suisse zool.*, tome II, p. 377-402, pl. 15. Genève, 1894.
8. — Les Chétognathes de la baie d'Amboine. Ex. : Voyage de MM. M. Bedot et C. Pictet dans l'Archipel malais. *Rev. suisse zool.*, tome III, fasc. 1 (1895), p. 137-159, pl. 4. Genève, 1895-96.
9. — Sur la bactériologie de la diphtérie. *Bull. soc. sc. nat.* Neuchâtel, tome XXIII, p. 256-257. Neuchâtel, 1895.
0. — Sur les tuberculines. *C. R. Acad. sc.*, tome CXXXVII, p. 889-891. Paris, 1903.
1. — Une nouvelle tuberculine. *Rev. méd. Suisse romande*, 25<sup>me</sup> année, p. 684-714. Genève, 1905.
2. — Une nouvelle tuberculine. Congrès intern. tuberculose. Paris, 1905, tome I, p. 857-861. Paris, 1906.

23. — Sur la technique des injections de ma tuberculine dans les tuberculoses chirurgicales. Congrès intern. tuberculose. Paris, 1905, tome II, p. 8-11. Paris, 1906.
  24. — La tuberculine Béraneck et son mode d'emploi. Conférence faite au Congrès médical suisse à Neuchâtel le 25 mai 1907. *Rev. méd. Suisse romande*, 27<sup>me</sup> année, p. 444-455. Genève, 1907.
  25. — Réponse à M. le Dr Jaquerod de Leysin. *Rev. méd. Suisse romande*, 27<sup>me</sup> année, p. 558-561. Genève, 1907.
  26. — Réponse à M. Landmann. Brauer's Beiträge zur Klinik der Tuberculose, Band X, p. 346-359. Würzburg, 1908.
  27. — Le traitement de la tuberculose par les tuberculines et plus spécialement par la tuberculine Béraneck. Sixth. intern. Congress on Tuberculosis, vol. I, p. 2, p. 725-738. Washington, 1908.
  28. — Béraneck's tuberculin and its method of application. *Edinburgh med. journ.*, (n. s.) vol. III, p. 522-533. Edinburgh & London, 1909.
  29. — Die Wahl unter den verschiedenen Tuberkulinen. Erwiderung auf den Artikel von Dr Blumel. *Münchener Med. Wochenschr.*, Jahrg. LVIII, n° 46, p. 2453. München, 1911.
  30. — The theoretical and practical basis of tuberculin in treatment. The control and eradication of tuberculosis. Edinburgh & London, 1911.
  31. — Die Wahl unter den verschiedenen Tuberkulinen. Erwiderung auf die Bemerkungen von Dr Blumel. *Münchener med. Wochenschr.*, Jahrg. LIX, n° 7, p. 370. München, 1912.
  32. — Tuberculin: the rationale of its use; its possibilities and limitations. *Edinburgh med. journ.*, (n. s.), vol. XII, p. 101-113. Edinburgh & London, 1914.
  33. — La biologie de Le Dantec (sous presse).
-



# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

---

Année 1919-1920

---

SÉANCE EXTRAORDINAIRE DU 13 OCTOBRE 1919  
A L'UNIVERSITÉ

Présidence de M. SPINNER, président.

## COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. Adrien GUÉBHARD, remerciant cordialement ses confrères de la *Société neuchâteloise* d'avoir bien voulu se réunir en l'honneur de son passage, expose ses *vues physiques nouvelles sur la Cosmogonie et l'Orogénie*.

Remarquant que la sphérule de fonte incandescente de la théorie de Laplace ne se serait jamais couverte d'une croûte si la substance n'avait joui de la propriété qu'ont, par exemple, le fer et l'eau, de se dilater au moment de la solidification, il constate qu'à aucun autre moment de l'évolution sidérale le refroidissement n'a pu être cause que d'un accroissement et non d'une diminution de volume, comme l'ont supposé mathématiciens et géologues au point de départ de toutes leurs théories.

Celles-ci sont donc à reprendre par la base, en donnant l'importance qu'elles méritent à une longue phase de sédimentation ignée qui a été généralement méconnue, et aux données de physique élémentaire qui expliquent aussi naturellement les causes du volcanisme que la genèse et l'intrusion des roches cristallophylliennes, le double aspect plutonien et neptunien de la métallogénèse, les multiples problèmes terrestres de l'isostasie, des variations de latitude, des transgressions et dislocations superficielles de toutes sortes, sans compter une foule de détails terrestres, depuis longtemps connus, mais jamais bien éclaircis : les canaux de Mars et leur gémination, les explosions astrales, les réabsorptions d'atmosphères, etc.

## SÉANCE DU 7 NOVEMBRE 1919

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

M. SPINNER donne lecture des lettres de remerciements de nos deux nouveaux honoraires : MM. Paul ROBERT, peintre au Ried, et Ch.-Ed. MARTIN, de Genève. Il rappelle ensuite la perte de deux de nos membres actifs : MM. J. de PERREGAUX, ancien président de notre société, et Dr MASSELOS, et invite l'assemblée à se lever pour honorer leur mémoire.

M. le prof. BILLETER donne quelques renseignements sur la réunion de la Société helvétique qui aura lieu chez nous en 1920. Il donne connaissance de la composition du Comité annuel ainsi que de la date approximative de la réunion. Celle-ci aura lieu probablement fin août pour permettre aux maîtres secondaires d'y assister.

### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. Ch.-A. MICHEL parle du verre et du cristal. Il rappelle les origines de la verrerie très florissante déjà il y a plus de deux mille ans sur les bords du Nil et en Palestine. Cette industrie se développa ensuite à Rome, passa de là dans les pays conquis par les Romains, pour disparaître ensuite presque complètement de l'Occident. La fabrication du verre se développa alors en Orient, à Bizance en particulier. Plus tard les produits vénitiens jouirent d'une grande célébrité, surtout après la découverte du verre blanc en 1463.

Les régions forestières comme la Bohême, où la main-d'œuvre était très bon marché, créèrent de nombreuses verreries. En 1635, les Anglais fabriquent pour la première fois le cristal, verre formé de sable très pur avec une assez forte proportion d'oxyde de plomb. La cristallerie la plus importante d'Europe est aujourd'hui celle de Baccarat. M. Michel explique ensuite les divers procédés de fabrication des nombreuses espèces de verres lancés dans le commerce (verre filé, filigrané, taillé, gravé, doublé, etc.). Il illustre sa causerie par la présentation de nombreux et superbes spécimens.

M. BILLETER demande quelques renseignements sur la gravure au moyen de l'acide fluorhydrique et parle du danger résultant de l'emploi de cet acide. M. SPINNER demande des



renseignements sur la taille des lentilles des microscopes. M. P. VOUGA fait remarquer que les recherches archéologiques permettent d'établir que chez nous le verre est bien antérieur à l'époque romaine.

---

## SÉANCE DU 21 NOVEMBRE 1919

Présidence de MM. SPINNER, président, et PIGUET, vice-président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

M. SPINNER annonce le décès du Dr E. Weber, à Colombier, membre de notre Société.

Le Comité central de la S. H. S. N. nous demande de nous prononcer sur la question de notre affiliation à cette société. Adopté à l'unanimité des membres présents.

Nos délégués au Sénat de la S. H. S. N. nommés pour 6 ans sont désignés séance tenante. Ce sont MM. les prof. Billeter, délégué permanent, et Jaquerod, suppléant.

Aux *divers*, M. le prof. BILLETER recommande de s'occuper maintenant déjà de la propagande en vue du recrutement chez nous de nouveaux membres pour l'Helvétique. Notre Société ne compte en effet qu'une cinquantaine de ses membres faisant partie de l'Helvétique.

### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. le prof. SPINNER parle de la flore du Jura neuchâtelois occidental, particulièrement de la région située entre les Verrières et la Brévine. Cette flore est spécialement riche aux environs de la Côte-aux-Fées où les plantes d'éboulis sont nombreuses et permettent d'intéressantes observations sur leur mode de croissance. M. Spinner a exploré aussi l'une des Bauges situées du côté des Verrières. Par les plus fortes chaleurs (soit + 19° à l'ombre à 1180 m. d'altitude), la température du fond de la baume n'était que de + 2°,8 et cependant diverses espèces de phanérogames, des saxifrages entre autres, s'y développaient à peu près normalement. Dans le voisinage, la végétation était remarquable par son développement. Cette région compte d'ailleurs un certain nombre de plantes des plus intéressantes, dont plusieurs sont signalées déjà par Godet et qui sont très rares en Suisse ou même ne se rencontrent nulle part

ailleurs : *Meum Athamanticum*, *Vicia Orobus*, *Lathyrus ensifolius*, *Lathyrus heterophyllus*, *Hieracium monticola*.

Ces pâturages ont un aspect particulier grâce à certains végétaux qui font croire à une région totalement différente de celles du reste du Jura neuchâtelois. C'est la flore des Vosges. On constate un mélange frappant de plantes silicicoles et calcicoles, les premières à petites racines plongeant dans la moraine, les autres à racines formidables allant jusqu'au calcaire. M. Spinner constate qu'il est fort difficile d'expliquer d'où viennent certaines espèces ou comment elles ont pu subsister chez nous seulement. Il fait remarquer en passant, l'importance du bétail et de la fumure qui modifient complètement la flore d'une région. M. BILLETER remercie M. Spinner de son intéressant exposé et M. MATHEY-DUPRAZ ajoute quelques détails floristiques sur la région en question.

---

## SÉANCE DU 5 DÉCEMBRE 1919

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

Après la lecture du procès-verbal de la séance du 21 novembre, M. JORDAN demande si notre société ne pourrait pas intervenir en vue de la protection de la région des Prises, si intéressante au point de vue floristique. M. SPINNER appuie M. Jordan et prend note de la chose qui sera soumise à la sous-commission s'occupant de ces questions.

Un nouveau rôle des membres devant être publié sous peu, tous nos membres sont invités à envoyer leur adresse exacte à M. P. Konrad, chargé des convocations.

M. SPINNER annonce que notre Comité a décidé de ne pas augmenter pour le moment la cotisation annuelle, ainsi qu'il en avait été question. Nous réduirons nos dépenses dans la mesure du possible en publiant un *Bulletin* moins volumineux et en nous montrant moins larges dans l'acceptation des travaux.

### COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. Th. DELACHAUX parle d'un crustacé nouveau de la Grotte de Vert. Son travail sur *Bathynella chappuisi*, nov. spec., a paru



dans le tome XLIV de notre *Bulletin* (voir page 237). M. le prof. FUHRMANN présente ensuite une communication sur *l'écrevisse, sa biologie et sa répartition en Suisse*. Il rappelle les particularités curieuses et si intéressantes qui accompagnent la mue des écrevisses, les différents caractères anatomiques de ce crustacé, les expériences faites pour montrer l'existence d'un organe d'équilibre chez ces animaux ou montrant de quelle manière il faut s'y prendre pour repeupler les étangs ou les rivières. L'écrevisse étant en effet très vorace et les mâles mangeant les femelles, il faut mettre à l'eau au moins deux fois plus de femelles que de mâles si l'on tient à voir les essais couronnés de succès. M. Fuhrmann donne ensuite d'intéressants détails sur la reproduction des écrevisses qui ne sont complètement adultes qu'à l'âge de 5 ou 6 ans. Les spermatophores déposés par le mâle sur la face ventrale de la femelle contiennent des spermatozoïdes immobiles. Quelques semaines plus tard, la femelle pond 60 à 120 œufs qui sont fixés par petits paquets sur les pattes abdominales au moyen d'une mucosité qui dissout les spermatophores et permet la fécondation. A l'éclosion, 6 mois plus tard, les 20 ou 30 œufs qui ont résisté à une aussi longue incubation donnent de petites écrevisses presque semblables aux adultes, lesquelles restent cramponnées 8 à 10 jours aux pattes abdominales de la mère. A une année, les jeunes mesurent déjà 4 à 5 cm. de long. Les ennemis de l'écrevisse sont l'homme qui dépeuple les ruisseaux par une pêche intensive ou qui régularise les cours d'eau en détruisant les cachettes naturelles, certains poissons (anguille, perche), et surtout le terrible bacille ayant provoqué la peste des écrevisses. Cette épidémie a ravagé toute l'Europe dès 1876, provoquant chez les poissons blancs la maladie curieuse connue sous le nom de redressement des écailles.

Grâce aux travaux du Dr Carl, du Muséum de Genève, on sait aujourd'hui que les trois espèces qui se trouvent en Suisse se répartissent comme suit : *Astacus fluviatilis* (à pieds rouges) se rencontre dans toute la Suisse; *A. torrentium* est spéciale à la Suisse orientale; *A. pallipes* (à pieds blancs) se trouve dans le Jura et le plateau occidental.

MM. M. VOUGA et A. MATHEY-DUPRAZ ajoutent encore quelques détails à la captivante communication de M. Fuhrmann, détails concernant le repeuplement de nos eaux et l'abondance extraordinaire des écrevisses dans certains ruisseaux avant l'épidémie qui décima ces crustacés.

## SÉANCE DU 19 DÉCEMBRE A L'UNIVERSITÉ

Présidence de M. PIGUET, vice-président.

### COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. A. MATHEY-DUPRAZ parle des *variations de coloration de quelques larves de lépidoptères*. M. Mathey qui s'occupe depuis fort longtemps de l'étude des chenilles de papillons a été frappé des diverses couleurs que peuvent présenter les chenilles d'une même espèce. Comme les ouvrages spéciaux ne mentionnent généralement pas ces variations, notre collègue s'est efforcé de fixer sur le papier d'une façon aussi exacte que possible les cas les plus typiques qu'il a eu l'occasion d'étudier. Il présente un certain nombre de planches fort bien réussies qu'il accompagne d'explications détaillées.

M. H. RIVIER résume la thèse de M. Ch. Schneider sur *quelques iminomonosulfures aromatiques*. Ce travail exécuté sous la direction de M. le prof. Rivier, a paru in extenso dans notre *Bulletin*, tome XLIV (voir pages 1 à 64).

---

## ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 23 JANVIER A L'UNIVERSITÉ

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

Après lecture du procès-verbal de la séance du 19 décembre et présentation de deux candidats, la discussion est ouverte au sujet de la revision des art. 18 et 19 de nos statuts. Le Comité propose à l'assemblée générale de supprimer toute restriction à l'éligibilité de ses membres et de rédiger l'art. 18 de la façon suivante : Le Comité est élu pour 2 ans; ses membres sont rééligibles. L'art. 19 serait supprimé.

M. SPINNER donne tout d'abord lecture de deux lettres, l'une de M. Le Grand Roy par laquelle notre collègue motive son opposition à la proposition du Comité. L'autre de M. Piguet qui présente sa démission de vice-président.

M. BILLETER pense que le Comité a été amené à sa propo-



sition par suite de la réunion de l'Helvétique à Neuchâtel, cette année. Nous pourrions l'admettre à titre exceptionnel, mais sans modifier les statuts.

MM. PIGUET, KONRAD, RIVIER, BERTHOUD et JAQUEROD prennent encore la parole, puis l'assemblée décide par 11 voix contre 3 et de nombreuses abstentions de ne pas modifier les statuts actuellement en vigueur.

Le PRÉSIDENT donne lecture du rapport de gestion pour 1919.

## RAPPORT DE GESTION POUR L'EXERCICE 1919

Mesdames, Messieurs,

L'an passé nous célébrions la paix, aujourd'hui nous récidivons ou plutôt nous espérons en une nouvelle paix prochaine entre l'Europe occidentale et la République des steppes neigeuses. Le besoin unanime de reconstruction qui éclate partout va enfin recevoir satisfaction et cela pour nous aussi aura la plus haute importance. Si petits que nous soyons, nous sommes une cellule de l'ensemble et notre vie dépend finalement de la vie du monde.

Nos travaux, certes, n'ont pas diminué et notre société tient honorablement sa place, mais ce qui lui manque, ce sont des fonds suffisants pour publier tout ce qui en serait digne. C'est pourquoi le retour de circonstances plus normales s'impose afin que nous aussi puissions sans arrêt progresser dans la voie que nous nous sommes tracée.

Notre caissier vous dira ce qu'ont coûté nos derniers *Bulletins*, vous serez peut-être effrayés, mais ce qui nous attend est mieux encore. Nous ne craignons pas du reste, confiants en la générosité neuchâteloise.

Le rôle des membres indiquait il y a une année 293 actifs et 15 honoraires, total 308. Aujourd'hui nous sommes 295 actifs, 17 honoraires, au total 312. En avant pour les 400 !

Rarement nous aurons eu autant de morts à déplorer puisque 12 de nos collègues nous ont quittés, soit : MM. James Burmann, Ch. Terrisse, Dr Aug. Bovet, Rob. de Chambrier, Max de Coulon, Aloïs Nerger, de Salis-Latrobe, Jean Massélos, Dr Eug. Bourquin, Frédéric de Grewingk, Jean de Perregaux, Dr Ed. Weber. Ils ont été remplacés quant au nombre, mais la génération ancienne a subi un formidable déchet. C'est un feuillet de notre histoire qui se tourne. De nouvelles pages sont là, nous saurons les remplir à l'exemple de nos prédécesseurs. A côté de ces vieux noms neuchâtelois nous en voyons d'autres, de

jeunes étrangers que notre Université avait attirés et ce mélange quelque peu cosmopolite sous les auspices de notre Société est un signe des temps. Nous demeurerons toujours la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, mais nous accueillerons toujours avec joie ceux qui, d'où qu'ils viennent, veulent travailler avec nous.

La Nature sera éternellement le grand instrument de travail, le grand laboratoire. C'est pourquoi nous continuons à chercher à en conserver des fragments à l'état brut. Après le bois des Lattes, ce sera une portion des marais de Pouillerel, puis un lambeau du pâturage des Prises. Nous voudrions qu'à côté de ces petits territoires, des arbres, des blocs erratiques, des rochers, des unités quelconques, intéressantes de façon ou d'autre, fussent cédées à notre Société afin d'en faire quelque chose de collectivement inviolable.

Les livres eux aussi sont nécessaires à l'étude et les trésors que nous avons déposés à la Bibliothèque de la Ville, quoique ne nous appartenant plus directement, ont continué à faire l'objet de notre sollicitude.

A la demande de la commission de cette Bibliothèque, nous avons confirmé une ancienne décision, à savoir que tous les périodiques fournis par nos échanges et ayant trait de façon exclusive ou presque exclusive à une science, pourront être déposés dans les bibliothèques spéciales de nos instituts universitaires. La géologie a la première bénéficié de cette facilité et son Institut du Mail peut, grâce à nous, se glorifier d'une littérature remarquablement riche. La botanique et la zoologie ont suivi l'exemple dans des proportions beaucoup plus modestes, mais réjouissantes tout de même. Cette entre-aide scientifique est nécessaire à la vie de notre Université, de même que l'existence de cette dernière est une condition primordiale de la vitalité de notre Société.

Elle n'en est toutefois pas la condition *sine qua non*, preuve en soient les nombreuses communications présentées par des extra-universitaires, habitant spécialement hors du chef-lieu. Ce sont là des gages précieux de prospérité future et nous en avons un urgent besoin à la veille de recevoir nos confrères de tout le pays helvétique. Nous chercherons toujours davantage à attirer à la science le plus de bonnes volontés possible, non pas en la diminuant, mais en l'expliquant.

Votre Comité a voulu remplir sa tâche au mieux, il ose espérer y avoir quelque peu réussi et vous prie donc d'approuver sa gestion pour l'année 1919.

Le président : H. SPINNER.



M. BÜZBERGER, caissier, présente le rapport de caisse pour l'exercice écoulé.

## COMPTES DE L'EXERCICE 1919

### RECETTES :

#### Cotisations :

|                                                   |            |                    |
|---------------------------------------------------|------------|--------------------|
| 204 cotisat. d'internes à Fr. 8.—                 | Fr. 1632.— |                    |
| 93 » d'externes » 5.—                             | » 465.—    | Fr. 2097.—         |
| Finances d'entrée: 17 à Fr. 5.—                   |            | » 85.—             |
| Dons: 4 <sup>me</sup> annuité                     |            | » 35.—             |
| Subventions: Etat de Neuchâtel.                   | Fr. 350.—  |                    |
| Commune »                                         | » 750.—    | » 1100.—           |
| Bibliothèque: Ventes diverses.                    |            | » 84.50            |
| Intérêts Caisse d'Epargne et Banque D.P. M. & Cie |            | » 164.57           |
| Total des recettes                                |            | <u>Fr. 3566.07</u> |

### DÉPENSES :

|                                                                             |             |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
| Administration: Assurance, honoraires, gratification, convocations, divers. |             | Fr. 358.90         |
| Bulletins: Tome XLIII, de 1918.                                             | Fr. 4342.90 |                    |
| » XLIV, pour 1919.                                                          | » 133.45    | » 4476.35          |
| Total des dépenses                                                          |             | <u>Fr. 4835.25</u> |

|                              |                    |                   |
|------------------------------|--------------------|-------------------|
| Dépenses.                    | Fr. 4835.25        |                   |
| Recettes                     | » 3566.07          |                   |
| Excédent des dépenses        | <u>Fr. 1269.18</u> |                   |
| Solde actif reporté de 1918  | Fr. 1606.08        |                   |
| Déficit de l'exercice        | » 1269.18          |                   |
| Solde actif reporté sur 1920 |                    | <u>Fr. 336.90</u> |

#### Fonds spéciaux :

|                                         |             |                    |
|-----------------------------------------|-------------|--------------------|
| Don Suchard                             |             | <u>Fr. 2000.—</u>  |
| (Intérêt porté aux recettes ordinaires) |             |                    |
| Fonds de réception Société helvétique   |             | <u>Fr. 2138.92</u> |
| Solde de 1918                           | Fr. 2056.66 |                    |
| Intérêt 1919                            | » 82.26     |                    |

Le PRÉSIDENT communique le rapport des vérificateurs des comptes. Tous ces rapports sont adoptés et décharge est donnée au Comité pour sa gestion.

Le CAISSIER présente enfin le projet de budget pour 1920, lequel prévoit un déficit de 1500 fr. environ.

*Nominations statutaires.* — Par 15 voix contre une, l'assemblée prolonge d'une année les pouvoirs du Comité actuel, puis MM. C.-A. Michel et Dr Ch. Jeanneret sont nommés vérificateurs des comptes.

#### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. M. DE MONTMOLLIN, chimiste à Genève, parle *des médicaments synthétiques*. Jusqu'au milieu du siècle dernier le pharmacien employait uniquement [des substances naturelles très simples. On chercha ensuite à extraire de ces substances les principes actifs, et une collaboration intime s'établit peu à peu entre le pharmacien et le chimiste. Il s'agissait surtout de déterminer les relations existant entre les effets chimiques et physiologiques. Des résultats fort importants furent obtenus dans certains groupes de médicaments. Ainsi l'anesthésique local naturel, bien connu, le *cocaïne* (extrait des feuilles du coca) se vit en partie remplacé par les *eucaines* et la *novocaïne*, produits artificiels. Pour remplacer la *quinine*, antithermique naturel, on fabrique certaines substances qui semblèrent tout d'abord éclipser le remède naturel, mais la quinine étant le seul remède connu contre la malaria et les autres fièvres intermittentes, il ne semble pas que l'on soit près de renoncer à son emploi.

M. de Montmollin parle encore de divers autres groupes de remèdes : les *narcotiques* (morphine, chloral, etc.), les *antiseptiques* (quinine, phénols), les *diurétiques* (théobromine, caféine). Pour terminer sa captivante causerie, M. de Montmollin expose la situation actuelle des produits pharmaceutiques. Il rappelle que des légions de chercheurs sont sans cesse occupés à se tenir au courant des nouvelles découvertes de leurs collègues ou de leurs concurrents. Il cite enfin la tendance actuelle qui consiste à lutter contre le mal lui-même et non plus seulement contre ses effets ainsi qu'on le faisait autrefois.

---

#### SÉANCE DU 6 FÉVRIER A L'UNIVERSITÉ

Présidence de M. P. KONRAD, membre du Comité.

#### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

M. P. KONRAD, membre du Comité, préside la séance en l'absence de M. Spinner retenu chez lui par la maladie.

M. HULLIGER, Dr méd., et M<sup>lle</sup> Marg. STEINER, institutrice



tous deux à Neuchâtel, présentés à la dernière séance, sont reçus en qualité de sociétaires.

Deux nouveaux candidats sont présentés.

M. KONRAD donne connaissance d'une lettre de M. le Dr Piguet, lequel, malgré les instances du Comité, se démet de ses fonctions de vice-président. Cette question sera portée à l'ordre du jour d'une prochaine séance.

M. le prof. BILLETER développe une motion concernant la vice-présidence. Cette motion, recommandée par le Comité, amendée par son auteur est, après discussion, votée par l'assemblée dans la teneur définitive suivante : *Le président sortant de charge devient de droit vice-président pour l'exercice suivant.*

#### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. BILLETER parle des deux grands chimistes Fischer et Werner, enlevés tous deux à la science en 1919.

Emile Fischer naquit en 1852. Etudiant à Bonn, puis à Strasbourg, il fut l'élève de Bayer et suivit son maître à Munich. C'est de là que datent ses premières découvertes. Fischer passa subitement au premier rang des savants de son époque. Peu de temps après il est appelé à Berlin à l'école de chimie où il professa jusqu'à sa mort.

Le domaine exclusif dans lequel Fischer a donné libre cours à son génie est celui de la chimie organique. Sa première découverte, due en partie au hasard, est celle de la phénylhydrazine. Ce corps fut pour Fischer un instrument de travail extrêmement précieux, au moyen duquel il parvint à élucider le problème des sucres. Il avait déjà résolu auparavant le problème non moins important de la décomposition des couleurs à base d'aniline.

E. Fischer fut encore attiré par la grande inconnue des albumines. Cette question inextricable en apparence eut rebuté tout autre que lui et personne avant lui n'avait été heureux dans les recherches touchant à ce domaine. Fischer n'a pas aussi à préparer synthétiquement une albumine, mais un pas décisif a été fait dans cette voie et cela malgré les difficultés sans nombre dont Fischer s'est joué avec une aisance remarquable.

Alfred Werner, Alsacien d'origine, fréquenta les hautes écoles de Carlsruhe, Zurich et Paris. Privat-docent puis professeur, il resta fidèle à l'Université de Zurich, malgré les sollicitations flatteuses d'établissements similaires plus importants. La chimie organique a peu d'attrait pour lui. C'est un terrain

trop battu. Il s'occupe d'une question de chimie inorganique dont nul ne se souciait, les combinaisons complexes, dont les chimistes ne savaient que faire. Werner, avec une grande clairvoyance, entrevit leur importance et érigea pour expliquer ses observations, la célèbre théorie des valences secondaires.

Le problème étudié par Werner peut paraître bien spécial, mais il n'en est rien. Il intéresse directement l'atome en ses attributs les valences et eut par là même une répercussion générale sur la chimie. Cette vaste étude constitue essentiellement l'œuvre de Werner. Il l'aurait agrandie encore si la maladie ne l'avait pas obligé en 1916 à interrompre définitivement ses travaux. Ce fut une grande perte pour la science.

---

## SÉANCE DU 20 FÉVRIER 1920

Présidence de M. SPINNER, président

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

MM. James GUINCHARD, imprimeur et Henri ROBERT, licencié ès sciences, tous deux à Neuchâtel, sont reçus comme membres actifs.

### COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. L. MARTENET nous fait visiter les nouveaux magasins et ateliers du Service de l'électricité de la Ville de Neuchâtel. Il nous présente la plupart des appareils électriques actuellement en usage et nous donne ensuite un aperçu du développement pris par le Service électrique de la Ville. M. Martenet tient cependant (tout en reconnaissant l'immense importance de l'électricité) à constater que nous n'arriverons jamais à remplacer par le courant électrique, le charbon dont nous avons besoin pour le chauffage. Nous n'arriverons pas chez nous à produire plus de 2 600 000 chevaux, tandis qu'il nous en faudrait environ trois fois plus.

M. R. BISCHOFF donne ensuite un extrait du règlement fédéral concernant le contrôle et l'étalonnage des compteurs d'électricité et nous présente pour terminer la station officielle de Neuchâtel qu'il a lui-même organisée et qu'il dirige actuellement.



SÉANCE DU 5 MARS 1920

Présidence de MM. SPINNER, président et ARGAND, vice-président.

AFFAIRES ADMINISTRATIVES

MM. Alexandre COSTE, négociant et André WAVRE, Dr en droit, tous deux à Neuchâtel, sont reçus en qualité de membres actifs.

M. le prof. Argand, membre du Comité, est proposé pour la vice-présidence en remplacement de M. Piguet, démissionnaire. Il est nommé sans opposition. M. Th. Delachaux est nommé sans opposition également, pour remplacer M. Piguet, comme membre du Comité.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. SPINNER parle de *la phytogéographie par l'image*. Il nous explique un certain nombre de cartes coloriées et fait circuler de fort belles photographies qui nous montrent comment on est outillé aujourd'hui pour l'enseignement de cette partie de la botanique. M. Spinner rappelle qu'il existe actuellement plusieurs centres d'études de géographie botanique dont Zurich n'est pas un des moins importants.

M. le Dr G. BOREL a le plaisir de nous présenter ensuite un album des poissons de la Méditerranée, album dû au pinceau de M. Auguste Mayor. Les superbes aquarelles qui le composent ont l'admiration de tous les assistants. L'intérêt documentaire de ce travail en question réside dans le fait qu'il fut exécuté spécialement pour Ls Agassiz. M. Borel donne en effet lecture de la lettre inédite par laquelle Agassiz remerciait M. Mayor et exprimait son admiration pour ses superbes planches. Nous tenons à remercier tout particulièrement M<sup>me</sup> A. Mayor d'avoir bien voulu nous permettre de prendre connaissance de ces documents si intéressants pour notre Société.

---

## SÉANCE DU 19 MARS A L'UNIVERSITÉ

Présidence de M. SPINNER, président.

## AFFAIRES ADMINISTRATIVES

MM. Emmanuel BERTHOUD, ingénieur et Ed. DUCOMMUN, fabricant, tous deux à Neuchâtel, présentés à la dernière séance, sont reçus en qualité de membres actifs. Il en est de même des trois candidats nouveaux qui sont admis immédiatement; ce sont: MM. R. de COULON, ingénieur, à Neuchâtel; Francis CLERC, mécanicien, à Chaumont et Ad. RYCHNER, ingénieur, à Neuchâtel.

Le secrétaire-rédacteur annonce que le *Bulletin* tome XLIV est terminé et pourra être expédié aux membres dans le courant d'avril. La cotisation reste fixée à 8 fr.

## COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. S. DE PERROT, ingénieur, parle de ses dernières observations concernant l'*hydrologie* et nous présente les courbes correspondantes, qui sont surtout intéressantes à étudier de près. Elles permettent, entre autres, de se rendre compte de toutes les variations de niveau de nos lacs et des relations qui existent entre le lac de Neuchâtel, celui de Bienne et celui de Morat. M. de Perrot fait encore remarquer combien il serait important pour nos riverains d'arriver à obtenir un peu plus d'égards de la part des industriels intéressés à faire monter le niveau de l'eau par la fermeture des écluses. La réserve ainsi constituée pour les périodes de basses eaux cause un préjudice considérable aux riverains et, comme M. M. Vouga le fait remarquer, nuit aux pêcheurs en détruisant le frai ou les jeunes alevins de plusieurs espèces de poissons. C'est par millions, en effet, qu'ils périssent les alevins lorsque les hautes eaux se retirent rapidement, laissant à sec de vastes étendues.

M. de Perrot présente encore un appareil nouveau, qui doit paraître-il, révéler automatiquement la présence de l'eau ou de pétrole. Les physiciens sont fort sceptiques, mais ne demandent qu'à être convaincus. Des essais sérieux seront faits prochainement avec ce concurrent de nos plus célèbres sourciers!

M. CHARLES BOREL, ingénieur, parle ensuite de l'*enregistrement automatique*. Il rappelle l'importance considérable prise aujo



d'hui par les statistiques et présente un appareil de son invention qui servira à simplifier d'une façon extraordinaire le travail des statisticiens. Grâce à ce merveilleux appareil, aussi simple que peu coûteux, toutes les grandes administrations seront à même de savoir à chaque instant à quel point en sont toutes les affaires pouvant les intéresser. Tout le travail de manœuvre de l'établissement d'une statistique quelconque se trouvera à peu près supprimé. Ce nouvel appareil, appelé certainement à un succès des plus mérités, laisse loin derrière lui ce que l'on connaissait jusqu'à ce jour. Il fait le plus grand honneur à son inventeur et à notre canton.

---

## SÉANCE DU 30 AVRIL 1920

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

Deux nouveaux candidats sont présentés. Le PRÉSIDENT annonce que le Comité a choisi M. P. Konrad comme secrétaire-correspondant en remplacement de M. Argand appelé à la vice-présidence.

M. le directeur de la Bibliothèque de la Ville nous a fait savoir que la copie de l'album des poissons de M. Aug. Mayor se trouve bien à la Bibliothèque de la Ville. Elle n'est donc pas perdue comme cela avait été annoncé dans notre séance du mars dernier.

M. SPINNER annonce enfin à l'assemblée que toutes les demandes et communications concernant la réunion à Neuchâtel de la S. H. S. N., doivent être adressées à M. H. Rivier, 1<sup>er</sup> vice-président du Comité annuel, par suite de la maladie de M. Billeter, président.

### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. le prof. Alfred BERTHOUD présente une communication sur *les éléments chimiques et leur transformation*. Après avoir appelé ce qu'on entend par éléments et combinaisons chimiques, il donne un aperçu historique de ces notions déjà fort anciennes. Berthoud constate que les éléments ne sont plus aussi simples qu'on le croyait autrefois. La découverte des électrons, les particules valant environ  $1/1800$  de l'atome d'H., pris jusqu'ici

comme unité, a modifié considérablement les théories adoptées par les chimistes. L'instabilité des éléments radio-actifs nous fait assister à une véritable décomposition des éléments, transformation toute différente d'une réaction chimique ordinaire, par suite de l'énergie considérable mise en jeu et de son indépendance complète des conditions extérieures. L'étude des éléments radio-actifs a montré que des corps ayant même poids atomiques peuvent avoir des propriétés différentes; d'autres au contraire ayant des poids atomiques différents ont des propriétés identiques. On est même arrivé récemment à décomposer des éléments ordinaires, ce qui bouleverse naturellement les notions même d'éléments et de combinaisons et met dans un certain embarras ceux qui sont chargés d'enseigner la chimie.

---

## SÉANCE DU 14 MAI 1920

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

MM. René PERRET, dentiste, à Corcelles et Paul JACCARD, directeur des Services industriels à La Chaux-de-Fonds, présentés à la dernière séance, sont reçus comme membres actifs

### COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. H. SPINNER nous entretient de la *réserve du Bois des Lattes* dans la vallée des Ponts. Ce bois et ses environs constituent une réserve d'un kilomètre carré de surface environ, réserve qui vient d'être sauvée d'une destruction presque certaine grâce aux efforts de quelques amis de la nature. Les propriétaires intéressés se sont montrés aussi intelligents que bien disposés en consentant à créer en faveur de notre société une servitude d'après laquelle ils s'engagent à ne rien toucher aux terrains en question sans nous en avertir. La commission de notre société pour la protection des monuments naturels et préhistoriques a droit à la reconnaissance de tous les amis de la nature pour le travail qu'elle vient d'accomplir. Ainsi que le professeur Spinner le fait remarquer, le Bois des Lattes est un coin de territoire absolument caractéristique; sa flore est des plus



intéressantes, sa richesse remarquable, et au moment où les marais les plus réputés par leur flore disparaissent les uns après les autres (témoin ceux de Lignières), il importait de conserver intacte une partie de notre canton. Plusieurs étudiants et spécialistes s'occupent déjà de l'étude de la flore et de la faune de cette réserve, de sorte que nous aurons bientôt une véritable monographie du Bois des Lattes.

M. G. JUVET présente une communication sur *la géométrie de Riemann et le principe de relativité*. La physique contemporaine repose tout entière sur le principe de relativité généralisée que M. Einstein a formulé et développé depuis six ou sept ans. Les énoncés des lois de la nature deviennent extrêmement synthétiques; on en tire facilement l'équation dont les multiples conséquences embrassent tous les phénomènes mécaniques, électriques et optiques. Mais l'intérêt supérieur qui s'attache à ces spéculations est le suivant: Par la fusion de la géométrie et de la physique, Einstein a démontré la justesse des idées de Riemann sur les principes de la science de l'étendue. Cette fusion s'est faite d'ailleurs par l'union de la physique et de la géométrie, si bien que le rêve de Descartes, qui était d'expliquer le monde physique par « figure et mouvement » se trouve réalisé. Il est même dépassé si l'on fait appel à la notion d'« Univers », multiplicité à quatre dimensions, où le temps et l'espace sont intimement liés, puisqu'il suffira alors d'étudier la configuration géométrique de cette multiplicité pour avoir une connaissance exacte des phénomènes; la notion de mouvement, — obscure aux Eléates — disparu.

Malgré les coups portés par la théorie au sens commun, et malgré les quelques difficultés d'ordre philosophique qu'elle soulève, la nouvelle physique est la plus belle synthèse scientifique qui ait été créée; il faut remonter à Newton et Leibniz pour trouver des idées scientifiques aussi audacieuses que celles énoncées par M. Einstein à la base de la science contemporaine.

---

## SÉANCE DU 28 MAI 1920

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

Aux *divers*, M. le prof. A. BERTHOUD demande à ceux des membres ayant l'habitude de fumer pendant nos séances, de renoncer à cette habitude. M. Berthoud motive sa proposition

par plusieurs excellents arguments. Il est appuyé par le Président qui, sans demander à l'assemblée de prendre une décision à ce sujet, invite les fumeurs à s'abstenir désormais.

#### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

M. P. VOUGA présente une communication sur les fouilles de tumuli qui viennent d'être faites à Bussy, dans la propriété de M<sup>me</sup> Aug. Robert. Cinq tumuli ont été explorés, dont l'un particulièrement remarquable est de très grandes dimensions, mesurant 2 m. de haut et 10 m. de diamètre environ. En enlevant la calotte de terre le recouvrant, on mit à jour une calotte de pierres, puis une nouvelle calotte de terre. Ce tumulus contenait quatre tombes, dont la première, de petites dimensions, ne contenait qu'une dalle recouverte d'une couche de cendres, atteignant jusqu'à 12 cm. d'épaisseur. Cette tombe, sans aucun ornement, était probablement celle d'un enfant dont tous les os ont été détruits par le temps. Un deuxième tombeau, riche en ornements, avait probablement contenu un corps de femme; on y retrouve entre autres une superbe ceinture en tôle de bronze, admirablement conservée, une boucle d'oreilles, un collier de perles en jais, des anneaux de bronze, etc. La troisième sépulture, un corps d'homme, n'avait pour seul ornement que des vestiges de boucles de fer. La quatrième tombe enfin fournit une épingle fort bien conservée.

M. Vouga termine sa très intéressante conférence (au cours de laquelle les objets les plus intéressants découverts pendant les fouilles furent présentés) en émettant quelques considérations concernant l'âge de ces tumuli et les origines de la peuplade qui les a édifiés. La ceinture découverte à Bussy est un des ornements les plus caractéristiques du premier âge de fer; nous trouverions donc en présence de la première vague ayant amené les Gaulois chez nous, c'est-à-dire vers l'an 500 avant J.-C. C'est vraisemblablement pour éviter les derniers lacustres occupant encore les rives du lac, que ces peuplades suivaient la route du pied du Jura.

A la fin de la séance le PRÉSIDENT annonce un don de 500 fr. de la Société d'exploitation des câbles de Cortaillod. Ce beau don est destiné aux publications scientifiques faites par notre société, à l'occasion de la réunion de l'Helvétique, à Neuchâtel, à la fin d'août.



## SÉANCE DU 11 JUIN 1920

Présidence de M. SPINNER, président.

### AFFAIRES ADMINISTRATIVES

L'assemblée annuelle d'été aura lieu le 27 juin prochain au Bois des Lattes, dans la vallée des Ponts. Tous les amis de la Société y sont cordialement invités. Le PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer, en outre, que la fabrique de produits chimiques Sandoz & Cie, à Bâle, vient de faire parvenir au comité annuel un don de 2000 fr. en faveur de la réception de l'Helvétique à Neuchâtel, en août prochain.

M. Spinner est délégué par notre société à l'assemblée générale administrative de l'Helvétique.

### COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

Le Dr Pierre HULLIGER présente ensuite une communication sur quelques cas de tuberculoses osseuses guéries par « chimiothérapie ». M. Hulliger commence par faire l'historique des divers traitements employés pour lutter contre la tuberculose. Il rappelle la découverte du bacille par Koch, en 1882, puis le développement dans le monde médical des diverses tuberculines sur lesquelles on fonda longtemps de grands espoirs. Plusieurs médecins ayant remarqué les effets curatifs de la cure d'altitude, se mirent à envoyer leurs malades dans des stations de montagne, où, sous l'influence de l'air vivifiant et du soleil, de nombreux tuberculeux recouvrent aujourd'hui la santé. Un dernier moyen est encore à la disposition des médecins : c'est le traitement par la chimiothérapie, c'est-à-dire par injection de certaines substances agissant sur les bacilles tuberculeux, sans attaquer les éléments cellulaires de l'organisme. De nombreuses substances, sels métalliques divers ou extraits de végétaux, sont aujourd'hui utilisés par certains médecins pour traiter la tuberculose. Les résultats pratiques ne sont pas encore très nombreux, mais la jeune science qu'est la chimiothérapie peut-être appelée à jouer un grand rôle dans un avenir prochain.

Le Dr Hulliger s'est spécialisé dans le traitement par chimiothérapie des tuberculoses osseuses sur lesquelles on peut évidemment mieux se rendre compte de l'effet du traitement. Si

la congestion du foyer tuberculeux diminue, si la suppuration cesse, si la plaie se referme, si la douleur disparaît, si la radiographie de l'os atteint montre une reconstitution du tissu détruit, on pourra assurer que le traitement est efficace. On pourra toucher du doigt pour ainsi dire, le résultat atteint. Le Dr Hulliger a traité déjà un certain nombre de cas et, dans tous, il a obtenu des résultats certainement remarquables. S'il n'est guère possible d'affirmer aujourd'hui déjà (ainsi que plusieurs médecins présents le font remarquer) que la guérison est complète, puisqu'une rechute est toujours à craindre, on ne peut nier le changement profond apporté à l'état du malade. Le Dr Hulliger fait défiler sous nos yeux un certain nombre de projections de radiographies et nous présente quelques-uns des cas traités par lui. Les résultats obtenus sont encore trop peu nombreux pour qu'il soit possible de tirer des conclusions solidement assises de la méthode employée par le Dr Hulliger. Ce n'est qu'en persistant dans cette voie et en appliquant son traitement à un grand nombre de cas, que notre collègue arrivera à persuader chacun, et ses collègues en médecine en particulier, de l'excellence de sa méthode. Son intéressante conférence et la discussion qui a suivi, ont vivement intéressé les assistants à cette dernière séance avant l'assemblée annuelle.

---

## RÉUNION ANNUELLE AU BOIS DES LATTES

LE 27 JUIN 1920

Présidence de M. SPINNER, président.

Une quarantaine de membres se trouvèrent réunis à Combe-Varin, devant la propriété Desor pour aller visiter le Bois des Lattes, en passe de devenir réserve naturelle.

Une courte séance eut lieu sur place pour recevoir au nombre de nos membres actifs, M. le Dr C.-A. PETTAVEL, médecin à Neuchâtel et pour permettre au Président d'exposer en quelques mots la genèse du sauvetage du Bois des Lattes. Il en profite pour adresser à M. Matthey, des Ponts et à M. Ch. Borel, ingénieur à Neuchâtel, des remerciements bien sentis, au premier pour avoir découvert la région à protéger au second pour y être intervenu en propriétaire généreux.

La promenade qui suivit à travers les prés, les fossés, la



toundra, les marécages, la forêt, fut charmante. MM. SPINNER et GRABER se firent les cicerone de la Société, expliquant l'origine des plantes intéressantes, leur biologie, leur évolution. M. Graber eut surtout le plaisir de montrer des stations inédites de *Carex chordontige* et de *Listera cordata*. Il aura plus tard la charge de faire la monographie complète de l'endroit, monographie que chacun pourra consulter sur les détails.

L'excursion avait creusé les estomacs. Les participants allèrent s'installer dans le bois qui domine le Val-de-Travers, au-dessus de la maison Desor et y pique-niquèrent dans la plus franche gaité. M. le Dr Borel porte un toast à tous ceux qui avaient travaillé pour la réserve du Bois des Lattes, puis, M. C.-A. MICHEL lut quelques pages des souvenirs de Louis Favre qui ont trait à ses séjours à Combe-Varin.

Mais la pluie survint, les plus pressés s'enfuirent à Noiraigue, les autres eurent la sagesse d'accepter l'hospitalité offerte par M. Ch. Borel, co-propriétaire actuel de Combe-Varin qui voulut bien nous ouvrir sa maison. Les heures y passèrent vite en conversation, en musique et après quelques mots adressés à la famille de notre hôte par le Président, tous reprirent enchantés le chemin du retour.

Le secrétaire-rédacteur : M. WEBER.







# TABLE DES MATIÈRES

DES

## PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

---

### A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES

|                                       | Pages                                            |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Admissions . . . . .                  | 140, 142, 143, 144, 146, 150                     |
| Démissions et décès . . . . .         | 132, 133, 136                                    |
| Nominations . . . . .                 | 140, 143, 145                                    |
| Rapports statutaires . . . . .        | 137, 139                                         |
| Affaires financières . . . . .        | 134, 139, 144, 148, 149                          |
| Réunion de la S. H. S. N. à Neuchâtel | 132, 133, 137, 145, 148, 149                     |
| Divers . . . . .                      | 132, 133, 134, 136, 137, 141, 144, 145, 147, 149 |

### B. COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

#### 1. BOTANIQUE

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>H. Spinner.</i> — Flore du Jura neuchâtelois occidental . . . | 133 |
| — La phytogéographie par l'image . . . . .                       | 143 |
| — La réserve du Bois des Lattes . . . . .                        | 146 |
| — et <i>A. Graber.</i> — Excursion botanique au Bois des Lattes  | 150 |

#### 2. ZOOLOGIE

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Th. Delachaux.</i> — Un crustacé nouveau de la Grotte de Ver                                   | 134 |
| <i>O. Fuhrmann.</i> — L'écrevisse; sa biologie et sa répartition en Suisse . . . . .              | 135 |
| <i>A. Mathey-Dupraz.</i> — Variation de coloration chez quelques larves de lépidoptères . . . . . | 136 |

#### 3. PHYSIQUE

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Ch. Borel</i> , ingénieur. — L'enregistrement automatique . . . | 144 |
|--------------------------------------------------------------------|-----|

#### 4. CHIMIE

|                                                                                       | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>H. Rivier et Ch. Schneider.</i> — Quelques iminomonosulfures aromatiques . . . . . | 136   |
| <i>M. de Montmollin.</i> — Les médicaments synthétiques . . . .                       | 140   |
| <i>O. Billeter.</i> — Deux grands chimistes : E. Fischer et A. Werner                 | 141   |
| <i>A. Berthoud.</i> — Les éléments chimiques et leur transformation                   | 145   |

#### 5. GÉOLOGIE

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>A. Guébbard.</i> — Vues physiques nouvelles sur la cosmogonie et l'orogénie . . . . . | 131 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### 6. MATHÉMATIQUES

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>G. Juvet.</i> — La géométrie de Riemann et le principe de relativité . . . . . | 147 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### 7. ARCHÉOLOGIE

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>P. Vouga.</i> — Fouilles de tumuli à Bussy près Valangin . . . | 148 |
|-------------------------------------------------------------------|-----|

#### 8. MÉDECINE

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>P. Hulliger.</i> — Quelques cas de tuberculoses osseuses guéries par chimiothérapie . . . . . | 149 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### 9. DIVERS

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Ch.-A. Michel.</i> — Le verre et le cristal . . . . .                                                                                                       | 132 |
| <i>L. Martenet.</i> — Visite des nouveaux locaux du service de l'électricité de la Ville de Neuchâtel et présentation d'appareils                              | 142 |
| <i>R. Bischoff.</i> — Visite de la station d'étalonnage des compteurs d'électricité, avec démonstrations . . . . .                                             | 143 |
| <i>G. Borel.</i> — Présentation d'un album de poissons de la Méditerranée par Aug. Mayor et d'une lettre d'Agassiz . .                                         | 143 |
| <i>S. de Perrot.</i> — Observations sur l'Hydrologie de notre région et présentation d'un appareil devant révéler la présence de l'eau ou du pétrole . . . . . | 144 |



# TABLE DES MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DU TOME XLV

---

|                                                                                                                                | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Th. Delachaux.</i> — Un Polychète d'eau douce cavernicole: <i>Troglochaetus beranecki</i> , nov. gen. nov. spec. '. . . . . | 3     |
| <i>L.-G. DuPasquier.</i> — Une application du principe de relativité                                                           | 12    |
| <i>Eug. Mayor.</i> — Un Uromyces nouveau récolté dans le Valais                                                                | 40    |
| <i>G. Juvet.</i> — Quelques remarques à propos des équations différentielles linéaires et des équations intégrales . . . . .   | 45    |
| <i>H. Robert.</i> — Contribution à l'étude du Zooplancton du lac de Neuchâtel . . . . .                                        | 54    |
| <i>M. Bedot.</i> — Edmond Béraneck. . . . .                                                                                    | 125   |
| Extraits des procès-verbaux des séances . . . . .                                                                              | 131   |

---

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

The history of the United States is a story of growth and development. It begins with the first settlers who came to the continent, and continues through the years of exploration, settlement, and the struggle for independence. The story is one of a people who have built a great nation from a small group of pioneers.

The United States has a rich and varied history. It is a story of a people who have overcome many challenges and have built a great nation. The story is one of a people who have a deep sense of history and a strong sense of purpose.















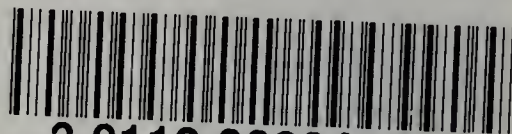


UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA

505SN

C002

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ NEUCHÂTELOISE DES  
44-47 1918-23



3 0112 009241743